



**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**PENGARUH DOPAN Fe PADA SIFAT  
KEMAGNETAN NANOPARTIKEL ZnO HASIL  
KOPRESIPITASI**

**Putra Dewangga Candra Seta  
NRP 1112 100 021**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Darminto, M.Sc**

**Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**PENGARUH DOPAN Fe PADA SIFAT  
KEMAGNETAN NANOPARTIKEL ZnO HASIL  
KOPRESIPITASI**

**Putra Dewangga Candra Seta  
NRP 1112 100 021**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Darminto, M.Sc**

**Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - SF 141501**

**INFLUENCE Fe DOPANT TO MAGNETIC  
PROPERTIES OF ZnO NANOPARTICLES  
RESULTS COPRECIPITATION**

**Putra Dewangga Candra Seta  
NRP 1112 100 021**

**Advisor  
Prof. Dr. Darminto, M.Sc**

**Department of Physics  
Faculty of Mathematics and Natural Science  
Tenth Nopember of Technology Institute  
Surabaya 2017**

**PENGARUH DOPAN Fe PADA SIFAT  
KEMAGNETAN NANOPARTIKEL ZnO HASIL  
KOPRESIPITASI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains pada  
Bidang Fisika Material  
Program Studi S-1 Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

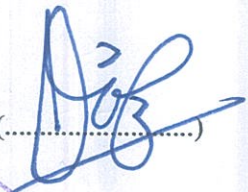
Oleh:

**PUTRA DEWANGGA CANDRA SETA**  
NRP 1112100021

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

**Prof. Dr. Darminto, M.Sc.**  
NIP. 19600303 198701.1.002

(.....)



## **PENGARUH DOPAN Fe PADA SIFAT KEMAGNETAN NANOPARTIKEL ZnO HASIL KOPRESIPITASI**

**Nama** : Putra Dewangga Candra Seta  
**NRP** : 1112 100 021  
**Departemen** : Fisika, FMIPA-ITS  
**Pembimbing** : Prof. Dr. Darminto, M.Sc

### **Abstrak**

*Dalam penelitian ini, sintesis nanopartikel ZnO dengan dopan Fe telah dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi. Bahan-bahan yang digunakan antara lain Zinc Acetate Dihydrate, serbuk  $\text{FeCl}_3$ , larutan  $\text{HCl}$ , dan  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Variasi konsentrasi dopan  $\text{FeCl}_3$  yang digunakan yaitu 0, 0,5, 1, 2, dan 3%. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan pengujian X-Ray Diffractometer (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), dan Vibrating Sample Magnetometer (VSM). Analisis hasil pengujian XRD dilakukan menggunakan software Rietica, dan MAUD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kalsinasi pada temperatur  $400^\circ\text{C}$  telah tersubstitusi dopan Fe ke dalam Kristal ZnO. Pola difraksi menunjukkan bahwa nanopartikel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  mengkristal dalam struktur wurtzite. Ukuran kristal diperoleh melalui analisa menggunakan software MAUD diketahui dalam rentang 38 nm - 45 nm. Dan hasil analisis dari pengujian VSM menunjukkan bahwa pada dopan  $x=0,005$  grafik menunjukkan nilai magnetisasi negatif, dopan  $x=0,01-0,03$  grafik menunjukkan nilai magnetisasi positif. Hasil magnetisasi tidak hanya dipengaruhi oleh penambahan dopan, tetapi juga dipengaruhi faktor lain seperti ambiguitas ion Fe ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), cacat kekosongan oksigen, BMP (Bond Magnetic Polaron) dan Impuritas Fase lain.*

**Kata kunci** : besi, dopan, kemagnetan, kopresipitasi, dan ZnO.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **EFFECT OF Fe DOPANT ON MAGNETIC PROPERTIES OF ZnO NANOPARTICLES SYNTHESIZED BY COPRECIPITATION**

**Name** : Putra Dewangga Candra Seta  
**NRP** : 1112 100 021  
**Department** : Physics, FMIPA-ITS  
**Advisor** : Prof. Dr. Darminto, M.Sc

## **Abstract**

*In this research, ZnO nanoparticles doped Fe were synthesized by using coprecipitation method. The raw material used in this experiments were the powders of Zinc acetate dihydrate, FeCl<sub>3</sub>, HCl solution, and NH<sub>4</sub>OH solution. The doping of Iron were used in concentrations 0, 0,05, 1, 2, and 3%. The sample characterized by using X-ray diffractometer (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), and Vibrating Sample Magnetometer (VSM). The analysis of diffraction data was carried out using Rietica, and MAUD software. From the analysis thermal showed that after calcination at 400° C, Fe substituted into ZnO crystal structure. The diffraction patterns indicated that Zn<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>O nanoparticles crystallizes in the wurtzite structure. The crystal size was known by using MAUD software, and found in range 38 nm - 45 nm. And the analysis result of measurement VSM showed that in x=0,005 showed negative magnetization and x=0,01 – 0,03 showed positive magnetization. The magnetization is not only influenced by the addition of dopants, but also by other factors such as the ambiguity Fe ion (Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>), oxygen vacancy, BMP (Bond Magnetic Polaron) and impurities.*

**Key word** : coprecipitation, dopant, iron, magnetic, and ZnO.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada ALLAH SWT karena atas berkah, rahmat, dan petunjuk Nya sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) ini dengan optimal dan tanpa suatu kendala apapun. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kami dari kebodohan menuju cahaya kebenaran.

Tugas Akhir (TA) ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu jurusan Fisika ITS. Tugas Akhir dengan judul :

### ***“Pengaruh Dopan Fe pada Sifat Kemagnetan Nanopartikel ZnO Hasil Kopresiptasi”***

Penulis persembahkan kepada masyarakat Indonesia guna berpartisipasi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang sains dan teknologi.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang membantu penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) dan proses penelitiannya.

1. Kedua orang tua tercinta. Ibu Marfuah dan Almarhum Ayah Eko Mariyanto yang telah memberikan semua hal terbaik bagi penulis sejak kecil sampai dewasa.
2. Bapak Prof. Dr. Darminto, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberi pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.
3. Dyah Ayu Daratika, S.Si selaku rekan tim Tugas Akhir yang telah membantu penulis dalam proses penelitian di laboratorium
4. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono selaku ketua Jurusan Fisika ITS.
5. Pak Ghofar selaku petugas Laboratorium Optik yang sering menemani penulis saat bekerja di laboratorium.
6. Mbak Rini dan Mbak Nurul yang telah memberikan petunjuk tentang penelitian ini.
7. Wikke Yorita Agustin, S.Si yang telah membantu penulis dalam menganalisis data penelitian.
8. Wahyu Dwi Handoko, S.Si yang telah memberikan tutorial menjalankan software *Rietica*.
9. Mbak Russalia Istiani sebagai laboran Laboratorium Teknik Material tempat penulis menguji sampel hasil penelitian.
10. Bapak Sholih selaku laboran Laboratorium Fisika Material.
11. Segenap teman-teman Fisika Angkatan 2012 yang telah memberikan support terbaik bagi penulis. Terima kasih atas

pelajaran berharga yang membuat kami menjadi sebuah keluarga.

12. Windi Ari Rahmawati yang telah banyak memberikan motivasi dan dorongan terhadap penulis.

13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak. Amiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, 23 Januari 2017

Penulis  
Putra Dewangga Candra Seta

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>COVER PAGE .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Senyawa ZnO .....	7
2.2 Sifat Fisis ZnO .....	9
2.3 Nanopartikel ZnO.....	13

2.4 <i>Diluted Magnetic Semiconductor</i> (DMS).....	15
2.5 Metode Kopresipitasi .....	18
2.6 Diamagnetik, Paramagnetik dan Ferromagnetik .....	20
2.7 Pengaruh <i>Dopant</i> Fe pada Struktur dan Sifat Magnetik Nanopartikel ZnO.....	26
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>27</b>
3.1 Prosedur Sintesis .....	27
3.2 Metode Karakterisasi.....	28
3.3 Metode Analisis Komposisi Fasa .....	33
3.4 Metode Identifikasi Fasa .....	34
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	37
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Hasil Pola Difraksi XRD $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ .....	39
4.2 Analisis Ukuran Kristal dengan <i>Software Material Analysis Using Diffraction</i> (MAUD).....	44
4.3 Hasil Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....	46
4.4 Sifat Magnetik $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>55</b>
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>61</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>79</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakterisasi ZnO .....	9
Tabel 2.2 Momen Magnetik dan Nilai $T_c$ dari DMS .....	17
Tabel 4.1 Data hasil analisis parameter kisi dengan <i>Rietica</i> .....	41
Tabel 4.2 Nilai ukuran kristal $Zn_{1-x}Fe_xO$ untuk variasi komposisi dopan Fe.....	44



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur kristal ZnO dengan berbagai bidang.....	12
Gambar 2.2 Struktur <i>Wurtzite</i> .....	13
Gambar 2.3 Struktur <i>Zinc Blende</i> .....	13
Gambar 2.4 Skema (A) Magnetik Semikonduktor (B) Non-Magnetik Semikonduktor (C) Diluted Magnetik Semikondukto.....	16
Gambar 2.5 Kurva Histerisis .....	18
Gambar 3.1 XRD Philips X'Pert MPD .....	29
Gambar 3.2 Alat uji SEM.....	31
Gambar 3.3 <i>Holder</i> VSM dan Mekanisme Deteksi.....	32
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian.....	37
Gambar 4.1 Pola difraksi hasil sintesis nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ dengan variasi dopan Fe berturut-turut.....	39
Gambar 4.2 Pola pencocokan grafik XRD untuk sampel $Zn_{1-x}Fe_xO$ untuk ( $x=0,01$ ) .....	43
Gambar 4.3 Hasil uji SEM $Zn_{1-x}Fe_xO$ dopan $x=0$ (a) dan $x=0,01$ (b) dengan perbesaran 10000 .....	47
Gambar 4.4 Kurva Magnetisasi sebagai fungsi medan magnet dari sampel $Zn_{1-x}Fe_xO$ nanopartikel variasi dopan Fe .....	49

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN A</b>	Grafik Pola Difraksi Sinar-X.....	61
<b>LAMPIRAN B</b>	Analisis Parameter Kisi dengan Rietica ..	65
<b>LAMPIRAN C</b>	Ukuran Partikel ZnO Hasil Pencocokan Pola Difraksi dengan Software MAUD.....	71
<b>LAMPIRAN D</b>	Data COD ( <i>crystallography open database</i> ) Sampel ZnO .....	75
<b>LAMPIRAN E</b>	Tambahan .....	77

*”Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1. 1 Latar Belakang**

Nanopartikel ZnO (Seng Oksida) adalah salah satu dari bahan nanopartikel semikonduktor yang sering dikembangkan akhir-akhir ini. Nanopartikel ZnO banyak dikembangkan di bidang teknologi nanopartikel karena material ini memiliki sifat listrik dan optik yang dapat diterapkan diantaranya seperti sel surya, fotokatalis, film tipis pelindung sinar UV, dan sensor gas. Nanopartikel ZnO mempunyai banyak metode untuk mensintesisnya diantaranya yaitu menggunakan metode kimiawi basah, *sol gel*, *spray pyrolysis*, *physical vapor deposition*, *solvothermal*, dan *hydrothermal* (Sul Lee *et al.* , 2008).

ZnO sebagai *Diluted Magnetik Semiconductors* (DMS) saat ini banyak menjadi perhatian para peneliti karena berpotensi untuk diterapkan pada perangkat spintronik, yaitu sebagai *spin-valve* transistor, *spin light-emitting diode*, memori yang tidak mudah menguap, isolator optik, dan lain sebagainya. Pada DMS yang sering dijadikan dopan adalah logam pada unsur transisi II-VI dan III-V (Jung, S. W, 2002). Salah satu material yang menarik perhatian adalah fase wurtzite dari ZnO dengan band gap yang cukup lebar (3,3 eV). Beberapa seng (Zn) dapat disubstitusikan dengan ion mangan (Mn) yang dapat memberikan

sifat ferromagnetik (Kim, K. J, 2002, Diaconu, 2005). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa ZnO dengan dopan Fe pada film tipis bekerja sebagai ferromagnetik pada suhu kamar, tapi sifat magnetik ini dapat dikembangkan untuk memperpendek jarak Fe dengan oksidanya dalam suatu substitusi kisi (Yoon *et al.*, 2006). Seng oksida (ZnO) dalam bentuk kristal wurtziteheksagonal, merupakan material yang sangat menjanjikan untuk photodetektor, dioda laser biru dan ultraviolet. Banyak dilakukan penelitian dan pengembangan untuk menghasilkan sifat ferromagnetik dari seng oksida diantaranya dalam bentuk bubuk dan film tipis. Perbedaan sifat magnetic dari  $Zn_{1-x}Fe_xO$  bisa diakibatkan karena perbedaan dalam teknik pembuatan sampel. Bahkan ada beberapa laporan yang mengatakan  $Zn_{1-x}Fe_xO$  bersifat anti ferromagnetik (Yoon *et al.*, 2002). Sifat ferromagnetik yang diinginkan masih banyak kajian dalam beberapa penelitian. Salah satu faktor yang dapat berpengaruh pada sifat ferromagnetik adalah sifat thermal. Sangat sedikit laporan yang menjelaskan ZnO dengan dopan Fe, bagaimanapun juga kebanyakan laporan menunjukkan sifat magnetic yang tidak konsisten dari ZnO doping Fe.

Metode kopresipitasi merupakan salah satu metode sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersama-sama ketika melewati titik jenuh. Kopresipitasi merupakan metode yang menggunakan suhu rendah dalam prosesnya serta dapat menghasilkan ukuran

partikel yang kecil. Sehingga diharapkan dari metode kopresipitasi ini dihasilkan ukuran partikel yang lebih kecil dan lebih homogen dibandingkan dengan metode *solid state*.

Dalam penelitian kali ini akan dilakukan sintesis ZnO doping Fe melalui metode kopresipitasi. Doping Fe diberikan pada ZnO dengan tujuan untuk melihat pengaruh sifat kemagnetannya. Diharapkan dengan bertambahnya doping Fe yang diberikan akan menghasilkan sifat kemagnetannya meningkat, yaitu ferromagnetik yang diinginkan. Diberikan doping Fe dengan variasi ( $x=0,00, 0,005, 0,01, 0,02, 0,03$ ) pada prekursor ZnO. Bahan yang digunakan serbuk Zinc Acetat Dihidrat, serbuk  $\text{FeCl}_3$ , pelarut HCl, dan agen pengendap  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Karakterisasi dilakukan dengan beberapa pengujian yaitu uji difraksi sinar-X (XRD), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil keluaran *X-Ray Diffractometry* dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *Match!* untuk identifikasi fasa, *Rietica* untuk mengetahui parameter kisi, MAUD (*Material Analyzing Using Diffraction*) untuk identifikasi ukuran kristal dari fasa di dalam sampel



## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Permasalahan pada penelitian ini adalah Bagaimana pengaruh variasi dopan Fe pada sifat kemagnetan nanopartikel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  ( $x = 0,005, 0,01, 0,02, 0,03$ )

## **1.3 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini, permasalahan dibatasi pada analisis pada sifat kemagnetan nanopartikel ZnO yang didoping Fe, beserta factor-faktor yang mungkin mempengaruhinya.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi pengaruh dopan Fe pada sifat kemagnetan nanopartikel ZnO hasil kopresipitasi.

## **1.4 Manfaat penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman tentang bagaimana pengaruh doping Fe pada sifat kemagnetan ZnO berukuran nanopartikel dengan menggunakan metode kopresipitasi.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan Tugas Akhir (TA) ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Senyawa ZnO

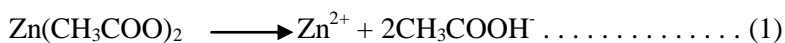
Seng oksida merupakan material anorganik dengan rumus kimia ZnO. ZnO biasanya terdapat dalam inti bumi sebagai mineral *zincite*. Tapi senyawa ZnO yang sering digunakan secara komersial diproduksi dengan cara sintetis. Dalam bidang bahan dan material, senyawa ZnO merupakan material semikonduktor yang memiliki besar energi gap 3,3 eV dari unsur pada tabel periodik golongan II-VI yang merupakan kelompok semikonduktor. Senyawa ZnO sudah banyak digunakan dan dikembangkan dalam berbagai bidang aplikasi yaitu untuk menyimpan energi atau melindungi jendela dari panas, dan aplikasi di bidang elektronik dari senyawa ZnO adalah sebagai *thin-film* transistor serta dioda pemancar cahaya.

Oksida ZnO berupa bubuk berwarna putih yang hampir tidak bisa larut dalam larutan netral. Oksida ini bersifat amfoter tapi bisa larut dalam larutan asam dan basa kuat. Jika dilarutkan dalam larutan basa lemah yang mengandung ion  $\text{Zn}^{2+}$ , hidroksida dari seng  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  akan membentuk sebuah endapan putih. Dalam larutan yang bersifat lebih alkalin, hidroksida ini akan terlarut dalam bentuk  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]_2$ . Senyawa nitrat  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ , klorat  $\text{Zn}(\text{ClO}_3)_2$ , sulfat  $\text{ZnSO}_4$ , fosfat  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ , molibdat

$\text{ZnMoO}_4$ , sianida  $\text{Zn}(\text{CN})_2$ , arsenit  $\text{Zn}(\text{AsO}_2)_2$ , arsenat  $\text{Zn}(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  dan kromat  $\text{ZnCrO}_4$  adalah beberapa bantuk senyawa anorganik dari Zn. Salah satu contoh senyawa organik yang sederhana dari *zinc* adalah senyawa organik asetat  $\text{Zn}(\text{COOCH}_3)_2$ .

Suatu ion (molekul) kompleks terdiri dari suatu atom pusat disertai sejumlah ligan yang terikat pada atom pusat itu. Jumlah ligan yang terikat dengan atom pusat dinyatakan dengan suatu bilangan koordinasi. Dengan menggunakan hukum aksi massa maka dapat ditentukan tetapan disosiasi atau disebut juga tetapan ketidakstabilan kompleks (instabilitas). Semakin tinggi nilai dari tetapan ketidakstabilan suatu larutan, maka  $K_{\text{inst}}$  akan semakin besar kemungkinan hasil kali kelarutan endapan, sehingga terbentuk endapan.

Pembentukan senyawa  $\text{ZnO}$  terdiri dari beberapa tahap yaitu pemisahan *zinc* asetat sebagai berikut :

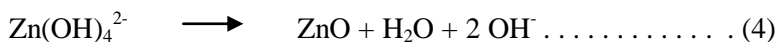
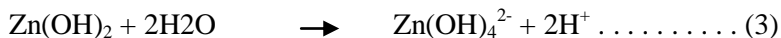


Salah satu faktor yang mempengaruhi dalam proses pengendapan  $\text{ZnO}$  adalah keasaman medium elektrolit. Mengatur pH larutan elektrolit dilakukan dengan menambahkan amonium hidroksida.

Pada reaksi ini, amonium hidroksida akan terurai menjadi :



Dengan mencampurkan kedua bahan di atas, maka dapat terbentuk endapan dari  $\text{Zn(OH)}_2$ , lalu  $\text{Zn(OH)}_2$  akan bereaksi dengan molekul air sehingga membentuk pertumbuhan unit  $\text{Zn(OH)}_4^{2-}$  serta ion hidrogen ( $2\text{H}^+$ ) menjadi :



## 2.2 Sifat Fisis ZnO

**Tabel 2.1 Karakterisasi ZnO**

Karakterisasi ZnO	
Rumus molekul	ZnO
Massa molar (berat molekul)	81,408 gram/mol
Penampilan	Putih <i>solid</i>
Bau	tanpa bau
Kepadatan	5,606 gram/cm <sup>3</sup>
Titik lebur ( <i>melting point</i> )	1975 °C
Titik didih ( <i>boiling point</i> )	2360 °C
Kelarutan dalam air	0,16 mg/100 ml
<i>Band gap</i>	3,3 eV
Indeks bias	2,0041

(Rahman, Arif, 2008)

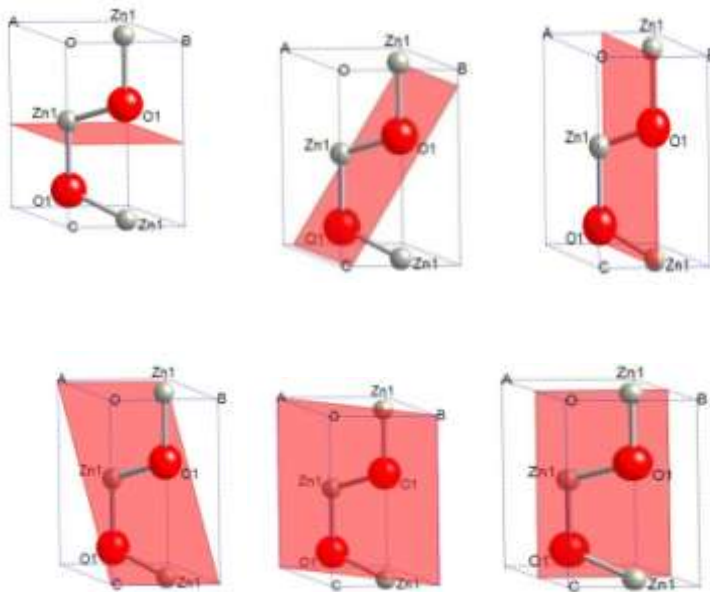
**a. Sifat mekanik**

ZnO merupakan material yang terbilang relatif lunak dengan tingkat kekerasan sekitar 4,5 skala Mohs. Konstanta elastis dari ZnO juga lebih kecil dari semikonduktor golongan III-V seperti GaN. Tapi ZnO memiliki kapasitas panas dan konduktivitas panasnya cukup tinggi, ekspansi termalnya rendah serta suhu lebur dari ZnO yang cukup tinggi bermanfaat untuk material penyusun keramik. Diantara semua material semikonduktor tetrahedral, ZnO mempunyai tensor piezoelektrik paling tinggi atau setidaknya hampir sebanding dengan GaN dan AlN. Sifat ini menyebabkan ZnO menjadi teknologi penting yang banyak diaplikasikan di piezoelektrik yang memerlukan elektromekanis dengan kopling yang besar.

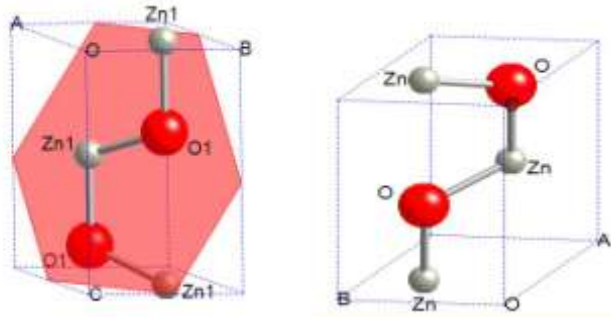
**b. Struktur kristal**

Seluruh logam, sebagian keramik, serta beberapa material komponen adalah hasil bentukan dari susunan atom-atom yang menyusun dirinya secara teratur dan berulang dalam bentuk tiga dimensi. Situasi ini merupakan ciri dari struktur material padat dalam bentuk kristal. Untuk membantu mengamati pola atom yang selalu berulang sampai tak terhingga, maka kristal mempunyai sel tiap satuan yang merupakan volum kecil yang berulang dalam kristal.

Pola struktur atom yang terdapat dalam material padat akan membentuk suatu sistem tersendiri. Untuk mempermudahnya maka bentuk yang muncul akibat susunan atom tersebut dikelompokkan menjadi tujuh sistem kristal yaitu kubik, tetragonal, ortorombik, monoklinik, triklinik, heksagonal, dan rombohedral (Van Vlack, 1994).





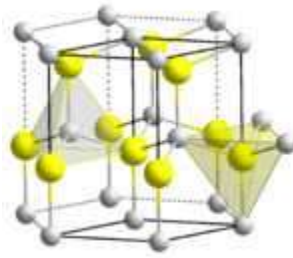


Gambar 2. 1 Struktur kristal ZnO dengan berbagai bidang kristal  
([www.crystallmaker.com](http://www.crystallmaker.com))

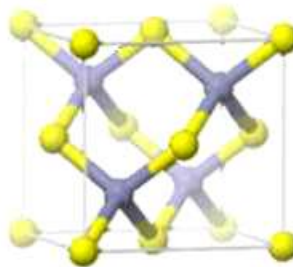
Seng oksida membentuk kristal dalam tiga bentuk yaitu *wurtzite* heksagonal, *zincblende* kubik, dan yang jarang diamati kubik *rocksalt*. Struktur *wurtzite* merupakan bentuk paling stabil dan paling umum terbentuk. Bentuk *zincblende* dapat distabilkan dengan ZnO yang tumbuh pada substrat dengan struktur kisi kubik.

Kisi senyawa ZnO heksagonal dan *zincblende* tidak memiliki simetri inversi (refleksi dari kristal relatif pada suatu titik tertentu tidak mengubahnya menjadi dirinya sendiri). Kisi simetri yang lain memiliki sifat piezoelektrik menghasilkan *blende* yang heksagonal. Struktur heksagonal memiliki grup jalur 6 mm (Hermann-Mauguin notasi) atau  $C_{6v}$  (Schoenflies notasi), dan kelompok ruang P6<sub>3</sub>mc atau  $C_{6v}$ . Konstanta kisi  $a = 3,25 \text{ \AA}$

dan  $c = 5,2 \text{ \AA}$ ; rasio  $c / a \sim 1,60$  dekat dengan nilai yang ideal untuk sel heksagonal  $c / a = 1,633$ .



Gambar 2.2 Struktur *wurtzite* ([www. crystallmaker. com](http://www.crystallmaker.com))



Gambar 2.3 Struktur *zincblende* ([www. crystallmaker. com](http://www.crystallmaker.com))

## 2.3 Nanopartikel ZnO

Nanopartikel ZnO adalah salah satu material nanopartikel semikonduktor yang telah banyak dikembangkan saat ini. Nanopartikel ZnO banyak dikembangkan dalam bidang teknologi nano karena mempunyai sifat mekanik, elektrik, serta optik yang

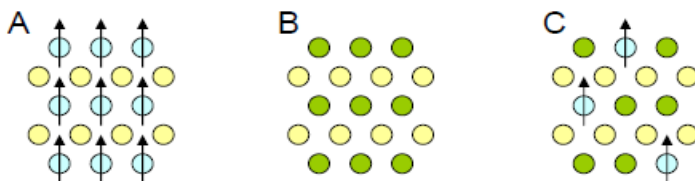
dapat diterapkan diantaranya pada sel surya, fotokatalis, film tipis pelindung UV, sensor gas, dan lain sebagainya. Nanopartikel ZnO mempunyai banyak cara untuk mensintesisnya, yaitu diantaranya dengan metode kimiawi basah, *sol gel*, *spray pyrolysis*, *physical vapor deposition*, *solvothermal*, dan *hydrothermal* (Sul Lee *et al.*, 2008). Penelitian metode baru untuk mensintesis ZnO berukuran nano sangat penting untuk dilakukan dan dipelajari sebagai bahan dasar dalam pembuatan aplikasi-aplikasi tersebut. Beberapa metode yang sering dilakukan untuk mendapatkan nanopartikel ZnO yaitu dekomposisi termal, *chemical vapor deposition*, *sol gel*, *spray pyrolysis*, dan presipitasi yang masih dikembangkan untuk fabrikasi ZnO nanopartikel dengan struktur morfologi dan ukuran yang seragam (C.Z.Wang *et al.*, 2009).

ZnO merupakan material penting untuk dijadikan komponen optoelektronik dan laser UV pada temperatur ruangan. ZnO menarik untuk dikembangkan karena mempunyai efisiensi yang cukup tinggi sebagai *low-voltage phosphor*. ZnO merupakan material yang sukar larut dalam air dan alkohol tapi bisa larut dalam asam. Material komponen optoelektronik ini sensitif terhadap susunan kesempurnaan kristal dan morfologi permukaannya. Efisiensi dari emisi foton menurun secara cepat seiring dengan naiknya rekombinasi nonradiatif. Kristalinitas film dari ZnO ditentukan tidak hanya oleh proses pertumbuhan

partikel ZnO, tapi juga dipengaruhi oleh dopan, impuritas, surfaktan, dan *surface modifier*. Beberapa metode sintesis seperti *hydrothermal* dan *solvothetmal* sudah sering digunakan untuk membentuk nanopartikel ZnO. Secara garis besar, spektrum ZnO terdiri dari dua pita, yaitu *Near Band Edge* (NBE) *exitonic UV emission* dan *defect related deep level emission* (DLE) pada sekitar warna pita hijau-kuning dari 2,9 eV sampai 1,65 eV dan pita ini hampir menutupi keseluruhan jangkauan *visible light* dari spektrum gelombang elektromagnetik (M. A. Tshabalala. 2012).

#### **2.4 Diluted Magnetic Semiconductor (DMS)**

Saat ini semikonduktor magnetik banyak diteliti dan dikembangkan. Yaitu sifat ferromagnetik pada suhu ruang yang paling banyak diharapkan. Sehingga saat ini banyak dilakukan penelitian mengenai *Diluted magnetik semiconductor* (DMS). DMS merupakan semikonduktor non-magnetik yang memiliki hanya beberapa persen unsur magnetik, biasanya pada logam-logam transisi (perhatikan gambar 2. 4), serta diharapkan tidak hanya bisa terintegrasi dengan semikonduktor yang lain, tetapi juga terpolarisasi.



Gambar 2. 4 Skema (A) Magnetik Semikonduktor (B) Non-Magnetik Semikonduktor (C) Diluted Magnetik Semikonduktor

Penelitian dan pengembangan suatu material yang mempunyai sifat semikonduktor dan ferromagnetik ini sedang sering dilakukan. DMS diciptakan dengan memadukan semikonduktor golongan II-IV. Dietl menerangkan sistem  $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$  menunjukkan tidak konsistennya perkiraan secara teori dengan hasil eksperimen doping logam transisi pada *bandgap* semikonduktor, seperti ZnO (Dietl.T., 2000). Penelitian lain tentang  $\text{In}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$  dan  $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$  yang dapat menghasilkan sifat ferromagnetik pada temperature tinggi. Dan penelitian mengenai DMS ini terus dilakukan untuk memperoleh sifat magnetik pada bahan semikonduktor dalam keadaan temperatur ruang. Baru-baru ini ditemukan penelitian mengenai material semikonduktor oksida yang diberi dopan logam transisi untuk mendapatkan DMS yang diinginkan. Berat dari semikonduktor oksida yang sangat efisien untuk menciptakan temperature Curie tinggi. Selain itu sebagian besar oksida berbasis DMS memiliki

lebar band gap ( $>3\text{eV}$ ) yang bisa menambahkan dimensi optoelektronik untuk generasi baru dari perangkat spintronik . Dalam hal ini terobosan barunya adalah penemuan RT ferromagnetism pada Co : sistem  $\text{TiO}_2$  (Matsumoto *et al.*, 2001), yang telah menimbulkan sejumlah penyelidikan besar lainnya mengenai DMS. Pada Tabel 2. 1 merupakan ringkasan dari momen magnetik dan nilai  $T_c$  yang diambil dari beberapa penelitian tentang film tipis berbasis oksida DMS.

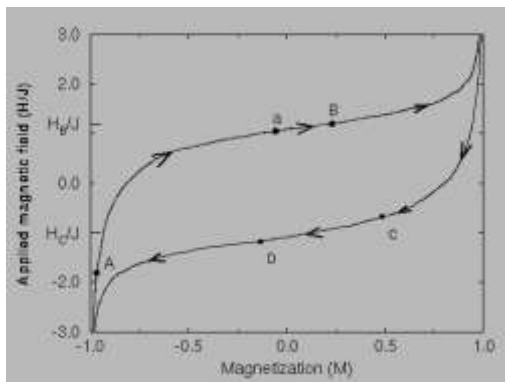
**Table 2. 2.** Momen Magnetik dan Nilai  $T_c$  dari DMS

Material	Doping (x)	Moment ( $\mu_B/3d$ ion)	$T_c$ (K)
$\text{TiO}_2$	Co, 1-2%	0.3	$> 300$
	Co, 7%	1.4	650 - 700
	V, 5%	4.2	$> 400$
	Fe, 2%	2.4	$> 300$
ZnO	Co, 10%	2.0	280 - 300
	V, 15%	0.5	$> 350$
	Mn, 2.2%	0.16	$> 300$
	Fe, 5% - Cu, 1%	0.75	550
	Ni, 0.9%	0.06	$> 300$
$\text{SnO}_2$	Co, 5%	7.5	650
	Fe, 5%	1.8	610
$\text{Cu}_2\text{O}$	Co, 5% - Al, 0.5%	0.2	$> 300$
$\text{In}_{1-x}\text{Sn}_{0.2}\text{O}_3$	Mn, 5%	0.8	$> 300$

Histeresis, secara simple, merupakan peristiwa hilangnya energi dari suatu bahan atau material selama proses eksitasi siklik. Contoh yang mudah untuk hal ini adalah fenomena pada bahan ferromagnetik.

Ketika dibandingkan dengan berbagai bahan magnetic, peralatan ferromagnetic akan menghambat sifat kemagnetan (sifat

histeresis stereotipikal) seperti yang ditunjukkan dari gambar di bawah.



Gambar 2. 5 Kurva Histeresis

Sebagai bahan yang mengandung magnet, kurva kemagnetan berjalan dari titik “a” ke titik “B”. Ketika pengaplikasian bahan magnetik mencapai 3.0 H/J hal ini akan turun kembali. Ketika medan magnet berkurang, kemagnetan dari ferromagnetic akan lebih rendah ke titik “C” dan “D”. Perbedaan ini disebut sebagai histeresis kemagnetan dari bahan dan merepresentasikan hilangnya energi dari proses.

## 2.5 Metode kopresipitasi

Metode kopresipitasi adalah salah satu metode sintesis dari senyawa anorganik yang berdasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersama-sama saat melewati titik jenuh. Kopresipitasi merupakan metode yang menjanjikan karena

prosesnya menggunakan suhu rendah dan mudah untuk mengontrol ukuran partikel sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat. Beberapa zat yang paling umum digunakan sebagai zat pengendap dalam kopresipitasi adalah hidroksida, karbonat, sulfat dan oksalat.

Pada kopresipitasi, material-material dasar diendapkan bersama secara stoikiometri dengan reaktan tertentu. Suatu partikel bulat haruslah berdiameter lebih besar  $10^{-6}$  m agar mengendap dalam larutan sebagai endapan. Metode yang dilakukan adalah dengan tahap pelarutan dengan aquades, pengeringan dan pencucian. Kopresipitasi termasuk rekristalisasi dimana ada tujuh metode dalam rekristalisasi yaitu:

- memilih pelarut,
- melarutkan zat terlarut,
- menghilangkan warna larutan,
- memindahkan zat padat,
- mengkristalkan larutan,
- mengumpulkan dan mencuci kristal,
- mengeringkan produknya (hasil).

Ada beberapa hal yang dapat dilakukan analisis untuk meminimalkan kopresipitasi bersama endapan kristal. Ion pengotor akan hadir dalam konsentrasi yang lebih rendah selama pengendapan. Bila zat cair didinginkan, gerakan translasi molekul-molekul menjadi lebih kecil dan gaya molekul lebih



besar. Hingga setelah pengkristalan molekul mempunyai kedudukan tertentu dalam kristal. Panas yang terbentuk pada pengkristalan disebut panas pengkristalan. Selama pengkristalan temperatur tetap, disini terjadi kesetimbangan temperatur akan turun lagi pengkristalan selesai. Peristiwa kebalikan dari pengkristalan disebut peleburan (Khairiah, 2011).

## **2.6 Diamagnetik, Paramagnetik dan Ferromagnetik**

Saat material ditempatkan dalam sebuah medan magnet, kekuatan magnetik dari elektron material tersebut akan terpengaruh. Peristiwa ini disebut sebagai Hukum Faraday Induksi Magnetik. Tapi suatu material dapat bereaksi sangat berbeda dengan dengan medan magnet luar. Reaksi ini bergantung pada beberapa faktor, seperti struktur atom dan molekul material, dan medan magnet bersih terkait dengan atom. Momen magnetik berhubungan dengan atom memiliki tiga penyebab yaitu gerakan orbital elektron, perubahan dalam gerak orbit yang disebabkan oleh medan magnet luar, serta spin dari elektron. Pada sebagian besar atom, tiap elektron pasti memiliki pasangan. Spin elektron dalam berpasangan memiliki arah yang saling berlawanan. Jadi ketika elektron dipasangkan bersama-sama, mereka akan berputar berlawanan arah dan menimbulkan medan magnet sendiri untuk saling menghilangkan satu sama lain. Maka dari itu tidak ada medan magnet bersih. Selain itu

bahan dengan beberapa elektron berpasangan akan memiliki medan magnet bersih dan akan bereaksi lebih untuk bidang eksternal. Kebanyakan bahan dapat diklasifikasikan sebagai diamagnetik, atau feromagnetik paramagnetik. Berdasarkan sifat medan magnet atomis, bahan dibagi menjadi tiga golongan, yaitu diamagnetik, paramagnetik dan feromagnetik. Berikut akan dijelaskan tentang ketiga sifat dari kemagnetan.

**Bahan diamagnetik** adalah bahan yang resultan medan magnet atomis masing-masing atom atau molekulnya nol, tetapi orbit dan spinnya tidak nol (Halliday & Resnick, 1989). Bahan diamagnetik tidak mempunyai momen dipol magnet permanen. Jika bahan diamagnetik diberi medan magnet luar, maka elektron-elektron dalam atom akan berubah gerakannya sedemikian hingga menghasilkan resultan medan magnet atomis yang arahnya berlawanan. Sifat diamagnetik bahan ditimbulkan oleh gerak orbital elektron sehingga semua bahan bersifat diamagnetik karena atomnya mempunyai elektron orbital. Bahan dapat bersifat magnet apabila susunan atom dalam bahan tersebut mempunyai spin elektron yang tidak berpasangan. Dalam bahan diamagnetik hampir semua spin elektron berpasangan, akibatnya bahan ini tidak menarik garis gaya. Permeabilitas bahan diamagnetik adalah  $\mu < 0$ . Contoh bahan diamagnetik yaitu: bismut, perak, emas, tembaga dan seng. Bahan diamagnetik memiliki kerentanan lemah untuk medan magnet. bahan

diamagnetik sedikit ditolak oleh medan magnet dan materi tidak mempertahankan sifat magnetik ketika bidang eksternal dihapus. Dalam bahan diamagnetik semua elektron dipasangkan sehingga tidak ada magnet permanen saat bersih per atom. Sifat diamagnetik timbul dari penataan kembali dari orbit elektron di bawah pengaruh medan magnet luar. Sebagian besar unsur dalam tabel periodik, termasuk seng, tembaga, perak, dan emas, adalah diamagnetik. Material yang disebut diamagnetik umumnya berupa benda yang disebut 'non-magnetik', termasuk di antaranya air, kayu, senyawa organik seperti minyak bumi dan beberapa jenis plastik, serta beberapa logam seperti tembaga, merkuri, emas dan bismut. Contoh diamagnetik sempurna adalah Superkonduktor.

Ciri-ciri dari bahan diamagnetik adalah:

- Bahan yang resultan medan magnet atomis masing-masing atom/molekulnya adalah nol.
- Jika solenoida dirasukkan bahan ini, induksi magnetik yang timbul lebih kecil.

*Contoh:* Bismuth, tembaga, emas, perak, seng, garam dapur.

**Bahan paramagnetik** adalah bahan yang resultan medan magnet atomis masing-masing atom/molekulnya tidak nol, tetapi resultan medan magnet atomis total seluruh atom/molekul dalam bahan nol (Halliday & Resnick, 1989). Hal ini disebabkan karena gerakan atom/molekul acak, sehingga resultan medan magnet

atomis masing-masing atom saling meniadakan. Bahan ini jika diberi medan magnet luar, maka elektron-elektronnya akan berusaha sedemikian rupa sehingga resultan medan magnet atomisnya searah dengan medan magnet luar. Sifat paramagnetik ditimbulkan oleh momen magnetik spin yang menjadi terarah oleh medan magnet luar. Pada bahan ini, efek diamagnetik (efek timbulnya medan magnet yang melawan medan magnet penyebabnya) dapat timbul, tetapi pengaruhnya sangat kecil. Permeabilitas bahan paramagnetik adalah  $0 < \mu < \mu_0$ , dan suseptibilitas magnetik bahannya  $0 < \chi$ . Contoh bahan paramagnetik: aluminium, magnesium, mangan, wolfram dan sebagainya. Bahan diamagnetik dan paramagnetik mempunyai sifat kemagnetan yang lemah. Paramagnetisme adalah suatu bentuk magnetisme yang hanya terjadi karena adanya medan magnet eksternal. Material paramagnetik tertarik oleh medan magnet, dan karenanya memiliki permeabilitas magnetis relatif lebih besar dari satu (atau, dengan kata lain, suseptibilitas magnetik positif). Meskipun demikian, tidak seperti ferromagnet yang juga tertarik oleh medan magnet, paramagnet tidak mempertahankan magnetismenya sewaktu medan magnet eksternal tak lagi diterapkan.

Ciri-ciri dari bahan paramagnetik adalah:

- Bahan yang resultan medan magnet atomis masing-masing atom/molekulnya adalah tidak nol.

- Jika solenoida dimasuki bahan ini akan dihasilkan induksi magnetik yang lebih besar.

*Contoh:* aluminium, magnesium, wolfram, platina, kayu.

**Bahan ferromagnetik** adalah material yang memiliki resultan medan atomis besar (Halliday & Resnick, 1989). Hal ini terutama disebabkan oleh momen magnetik spin elektron. Pada bahan ferromagnetik banyak spin elektron yang tidak berpasangan, misalnya pada atom besi terdapat empat buah spin elektron yang tidak berpasangan. Masing-masing spin elektron yang tidak berpasangan ini akan memberikan medan magnetik, sehingga total medan magnetik yang dihasilkan oleh suatu atom lebih besar. Medan magnet dari masing-masing atom dalam bahan ferromagnetik sangat kuat, sehingga interaksi diantara atom-atom tetangganya menyebabkan sebagian besar atom akan mensejajarkan diri membentuk kelompok-kelompok. Kelompok atom yang mensejajarkan dirinya dalam suatu daerah dinamakan domain. Bahan ferromagnetik sebelum diberi medan magnet luar mempunyai domain yang momen magnetiknya kuat, tetapi momen magnetik ini mempunyai arah yang berbeda-beda dari satu domain ke domain yang lain sehingga medan magnet yang dihasilkan tiap domain saling meniadakan. Bahan ini jika diberi medan magnet dari luar, maka domain-domain ini akan mensejajarkan diri searah dengan medan magnet dari luar. Semakin kuat medan magnetnya semakin banyak domain-domain

yang mensejajarkan dirinya. Akibatnya medan magnet dalam bahan ferromagnetik akan semakin kuat. Setelah seluruh domain terarahkan, penambahan medan magnet luar tidak memberi pengaruh apa-apa karena tidak ada lagi domain yang disearahkan. Keadaan ini dinamakan jenuh atau keadaan saturasi. Permeabilitas bahan ferromagnetik adalah  $0\mu\mu>>>$  dan suseptibilitas bahannya  $0>>>m\chi$ . Contoh bahan ferromagnetik : besi, baja, besi silicon dan lain-lain. Sifat kemagnetan bahan ferromagnetik ini akan hilang pada temperatur yang disebut Temperatur Currie. Ferromagnetisme adalah sebuah fenomena dimana sebuah material dapat mengalami magnetisasi secara spontan, dan merupakan satu dari bentuk kemagnetan yang paling kuat. Fenomena inilah yang dapat menjelaskan kelakuan magnet yang kita jumpai sehari-hari.

Ciri-ciri bahan ferromagnetik adalah:

- Bahan yang mempunyai resultan medan magnetis atomis besar.
- Tetap bersifat magnetik → sangat baik sebagai magnet permanen
- Jika solenoida diisi bahan ini akan dihasilkan induksi magnetik sangat besar (bisa ribuan kali)

*Contoh:* besi, baja, besi silikon, nikel, kobalt.

ZnO *doping* Fe dapat diolah menjadi berbagai sifat magnetik, hal ini tergantung pada cara pembuatan sampelnya. Bahkan beberapa

laporan ada yang menunjukkan bahwa ZnO *doping* Fe memiliki sifat anti-feromagnetik (Yoon *et al.*, 2002)

## **2.7 Pengaruh *Dopant* Fe pada Struktur dan Sifat Magnetik Nanopartikel ZnO**

Sato dan Katayama Yoshida menunjukkan bahwa logam feromagnetik juga didapat dari ZnO *doping* Cr, Fe, Co, dan Ni (Sato.K, Katayama-Yoshida.H, 2000). Selama dekade terakhir, upaya penelitian hanya difokuskan pada ZnO *doping* Mn dan Co (Jung.S.W, 2002). Sangat sedikit penelitian yang melaporkan ZnO *doping* Fe, tapi beberapa laporan menunjukkan tidak konsistennya sifat magnet dari ZnO *doping* Fe.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa film tipis ZnO *doping* Fe menunjukkan sifat feromagnetik pada suhu kamar (Yoon.S.D, 2006). Keragaman sifat magnetic dari ZnO *doping* Fe bergantung pada cara pembuatannya. Beberapa laporan ada yang menunjukkan bahwa ZnO *doping* Fe memiliki sifat anti-feromagnetik (Yoon *et al.*, 2002). Hanetal juga menunjukkan tidak adanya sifat feromagnetik pada suhu kamar dalam sampel ZnO *doping* Fe (Han.S.J, 2002). Shimetal menemukan sifat feromagnetik pada ZnO *doping* Fe dengan tambahan Cu yang menunjukkan fase sekunder (Shim.J.H, 2002). Oleh karena itu, diperlukan penelitian pada ZnO *doping* Fe untuk memahami sistem kompleks dari sifat magnetiknya yang tidak konsisten.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Prosedur Sintesis**

Serbuk Zinc Acetat Dehidrat [ $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ] ditambah  $\text{FeCl}_3$  dengan penambahan yang diinginkan. Variasi penambahan  $\text{FeCl}_3$  merupakan 0,5%, 1%, 2% dan 3%. Lalu menambahkan larutan HCl 37% yang telah diencerkan menjadi larutan HCl 0,5 M. Dilakukan pengadukan dengan menggunakan magnetic stirrer. Kemudian dilakukan penambahan larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  0.5 M sedikit demi sedikit sehingga larutan bercampur. Setelah itu larutan precursor diuji pH-nya dengan menggunakan kertas uji (indikator universal). Dilakukan penambahan larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  pekat dengan metode titrasi sampai tercapai pH precursor 9.

Setelah larutan precursor berada pada pH yang diinginkan, maka langkah selanjutnya yaitu larutan precursor diaduk menggunakan hot plate dengan kontrol temperatur larutan precursor  $85^\circ\text{C}$ . Kemudian larutan precursor diaduk dengan menggunakan magnetic bar selama 4 jam. Setelah itu dilakukan penyaringan endapan yang terbentuk. Setelah disaring, endapan yang terbentuk dicuci dengan menggunakan larutan aquades sebanyak 500ml, lalu dilakukan proses pengeringan dalam oven dengan suhu sebesar  $100^\circ\text{C}$  selama 24 jam.



Karakterisasi serbuk hasil sintesis menggunakan metode kopresipitasi dilakukan dengan uji difraksi sinar-X. Dari hasil uji Difraksi Sinar-X diperoleh informasi berupa komponen fasa yang terbentuk. Setelah itu hasil uji difraksi sinar-X dianalisis dengan software *Match!!* untuk mengidentifikasi fasa yang muncul, software *Rietica* untuk mengidentifikasi perubahan parameter kisi, dan MAUD (*Material Analysis Using Diffraction*) untuk mengetahui ukuran partikel yang terbentuk. Selain itu karakterisasi juga dilakukan dengan uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui bentuk morfologi dari Nanopartikel ZnO yang terbentuk dan uji VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) untuk mengidentifikasi sifat magnetik dari sampel

### **3.2 Metode Karakterisasi**

Karakterisasi serbuk hasil sintesis menggunakan metode kopresipitasi dilakukan dengan uji difraksi sinar-X. Dari hasil uji Difraksi sinar-X diperoleh informasi berupa komponen fasa yang terbentuk. Setelah itu hasil uji difraksi sinar-X dianalisis dengan software *Match!!*, *Rietica* dan MAUD (*Material Analysis Using Diffraction*) untuk mengetahui fasa yang terbentuk, identifikasi parameter kisi dan ukuran partikel yang terbentuk. Selain itu karakterisasi juga dilakukan dengan uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui bentuk morfologi dari sampel dan

uji VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) untuk mengetahui sifat magnetic nanopartikel ZnO doping Fe.

### 3.2. 1 Difraksi sinar-X



Gambar 3.1 XRD Philips X'Pert MPD (*Multi Purpose Diffractometer*) sistem di laboratorium XRD.

Sinar-X merupakan radiasi gelombang elektromagnetik transversal dengan daerah panjang gelombang 0,1–1000 Å yang terdiri dari partikel tidak bermuatan (Beiser, 1995). Sinar-X dapat terbentuk bilamana suatu logam sasaran ditembak dengan berkas elektron berenergi tinggi. Dalam eksperimen digunakan sinar-X yang monokromatis. Kristal akan memberikan hamburan yang kuat jika arah bidang kristal terhadap berkas sinar-X (sudut  $\theta$ ) memenuhi persamaan Bragg, seperti ditunjukkan dalam persamaan 3. 7 (Callister, 2003).

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \dots\dots\dots 3.7$$

dengan:

$n = \text{orde } (0, 1, 2, 3, \dots),$

$\lambda = \text{panjang gelombang sinar-X yang digunakan,}$

$d = \text{jarak antar bidang kristal,}$

$\theta = \text{sudut sinar datang.}$

### **3.2.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)**

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan berkas elektron energi tinggi pada permukaan sampel. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Pantulan tersebut menyebabkan elektron-elektron terhambur dan radiasi sinar-X karakteristik akan memberikan informasi tentang keadaan sampel seperti bentuk permukaan (topografi) dan komposisi unsur yang terkandung dalam sampel (jika dihubungkan dengan alat EDX). Tetapi akan ada satu arah dimana berkas dipantulkan dengan intensitas tinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi bentuk permukaan benda seperti seberapa landai dan kemiringan permukaan.

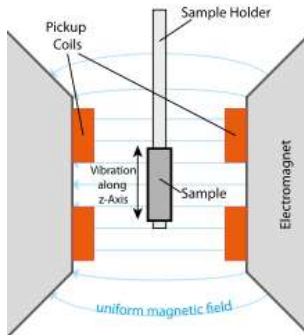


Gambar 3.2 Alat uji SEM

### **3.2.3 *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)***

*Vibrating Sample Magnetometer* atau VSM adalah instrumen ilmiah yang mengukur sifat magnetik, ditemukan pada tahun 1955 oleh Simon Foner di Lincoln Laboratory MIT. Artikel tentang karyanya diterbitkan tak lama kemudian di 1959 (Foner, 1959). Sampel ditempatkan di dalam medan magnet yang seragam untuk menarik sampel. Sampel tersebut kemudian secara fisik bergetar sinusoidal, biasanya melalui penggunaan bahan piezoelektrik. Sistem komersial menggunakan aktuator linier dari beberapa bentuk, dan proses pengembangan sistem ini dilakukan dengan menggunakan speaker audio yang diubah-ubah, meskipun pendekatan ini memiliki kelemahan karena adanya gangguan melalui fase magnet dengan kebisingan yang dihasilkan, fluks magnetik yang dihasilkan ini melalui pickup koil terdekat dengan

variasi sinusoidal. Tegangan induksi di kumparan pickup sebanding dengan momen magnet sampel, tetapi tidak tergantung pada kekuatan medan magnet yang diterapkan. Induksi diukur melalui penggunaan penguat lock-in dengan menggunakan sinyal piezoelektrik sebagai sinyal referensi. Dengan mengukur di bidang elektromagnet eksternal, adalah mungkin untuk mendapatkan kurva histeresis dari bahan. VSM mengukur magnetisasi dari sampel kecil dari bahan magnet ditempatkan dalam medan magnet eksternal dengan mengubah bidang dipol sampel menjadi sinyal listrik AC.



Gambar 3.3 *Holder VSM dan Mekanisme Deteksi*

Pengujian VSM dari  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dilakukan untuk memperoleh kurva histeresis magnetisasi suatu bahan, sebagai fungsi temperature (maksimal 300 K) dan sebagai fungsi medan luar (maksimal  $\pm 1,2$  T). Pengujian VSM dilakukan di BATAN

Serpong. Pengujian tersebut menggunakan VSM tipe OXFORD VSM1.2H.

### **3.3 Metode Analisis Komposisi Fasa**

Karakterisasi komponen fasa yang terbentuk dari hasil difraksi sinar-X dapat dianalisis lebih lanjut. Ada 2 cara analisis data difraksi, yaitu analisis kualitatif dan kuantitatif.

#### **3.3.1 Analisis kualitatif**

Analisis kualitatif digunakan untuk menentukan fasa apa saja yang terdapat dalam suatu material, biasanya disebut identifikasi fasa. Berdasarkan hasil pola difraksi dapat dilihat puncak-puncak difraksi dari fasa yang terbentuk, sehingga dapat diperkirakan ada tidaknya fasa kristal ataupun fasa amorf. Proses identifikasi fasa didasarkan pada pencocokan data posisi terukur dengan basis data, misalnya menggunakan kartu PDF (*Powder Diffraction File*). Identifikasi fasa dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* yang merupakan langkah dasar yang harus dilakukan secara hati-hati agar hasil yang diperoleh benar- benar dapat menggambarkan sampel (Pratapa, 2004).

#### **3.3.2 Analisis kuantitatif**

Analisis kuantitatif bertujuan untuk mengetahui komposisi dari material yang diuji dengan difraksi sinar-X. Hal

ini didasarkan pada intensitas pola difraksi suatu fasa dalam suatu sampel yang bergantung pada konsentrasi fasa sampel tersebut. Analisis kuantitatif dilakukan dengan menggunakan parameter keluaran hasil penghalusan yang dapat dimanfaatkan untuk menganalisis komposisi fasa (Yantiningtyas, 2010).

Pada penelitian ini, dilakukan analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif yaitu identifikasi fasa, sedangkan analisis kuantitatif meliputi analisis komposisi fasa dan analisis estimasi ukuran kristal.

### **3.4 Metode Identifikasi Fasa**

#### **3.4.1 Identifikasi Fasa dan Parameter Kisi**

Analisis kualitatif dilakukan untuk menganalisis data terutama untuk identifikasi fasa dengan menggunakan perangkat lunak *Match!!*. Untuk identifikasi parameter kisi digunakan *software Rietica*.

#### **3.4.2 Metode Analisis Ukuran Partikel dengan Software MAUD**

MAUD (*Material Analysis Using Diffraction*) dipakai untuk ekstraksi data ukuran kristal dan distribusi ukuran kristal atau bisa juga untuk regangan sisa/perubahan regangan akibat penggilingan yang dilakukan pada bahan. MAUD merupakan

salah satu *software* yang digunakan untuk penghalusan data dengan menggunakan bentuk fungsi puncak *Pseudo-Voigt*. Adapun beberapa penelitian lain yang menggunakan perangkat lunak MAUD untuk analisis ukuran kristal, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Guilmeau pada tahun 2004, yang berjudul *Combined Analysis of Texture Alumina Ceramics by Neutron Diffraction* dengan hasil analisis dari proses penghalusan ukuran kristal sebesar 137 nm. Proses penghalusan dilakukan dengan menghaluskan parameter *background*, faktor skala, parameter kisi, faktor termal, parameter-parameter pelebaran puncak, ukuran kristal, distribusi ukuran kristal ( $D_v$ ), dan distribusi *microstrain* secara berurutan. Setelah dilakukan penghalusan menggunakan perangkat lunak MAUD didapatkan ukuran kristal yang dapat dilihat secara langsung dari hasil keluaran MAUD (*analysis, result*) (Pratapa, 2004).

Analisis ukuran kristal bertujuan untuk mengetahui ukuran kristal dengan menggunakan perangkat lunak MAUD. Perangkat lunak ini dirancang oleh ahli kristalografi Italia, yaitu Luca Lutterotti, dan sangat baik dalam menganalisis material berlapis (*layered materials*), misalnya material lapisan tipis. Fitur-fitur dalam perangkat lunak ini antara lain:

- ♦ Analisis fasa kuantitatif.
- ♦ Analisis mikrostruktur (termasuk ukuran kristal, *r. m. s. microstrain* dan distribusi ukuran dan regangan kristal).



♦ Analisis tekstur dengan model-model antara lain March-Dollase, *harmonic*, *exponential harmonic* dan *standard function*.

♦ Ketebalan film dan model-model absorpsi.

♦ Data input berupa \*. cpi.

♦ Pengumpulan data instrumen sebagai koreksi instrumen dalam ekstraksi informasi mikrostruktur.

Proses pengoperasian perangkat lunak ini secara ringkas sebagai berikut:

o Input data profil terukur berupa \*. cpi.

o Impor *file* koreksi instrumen.

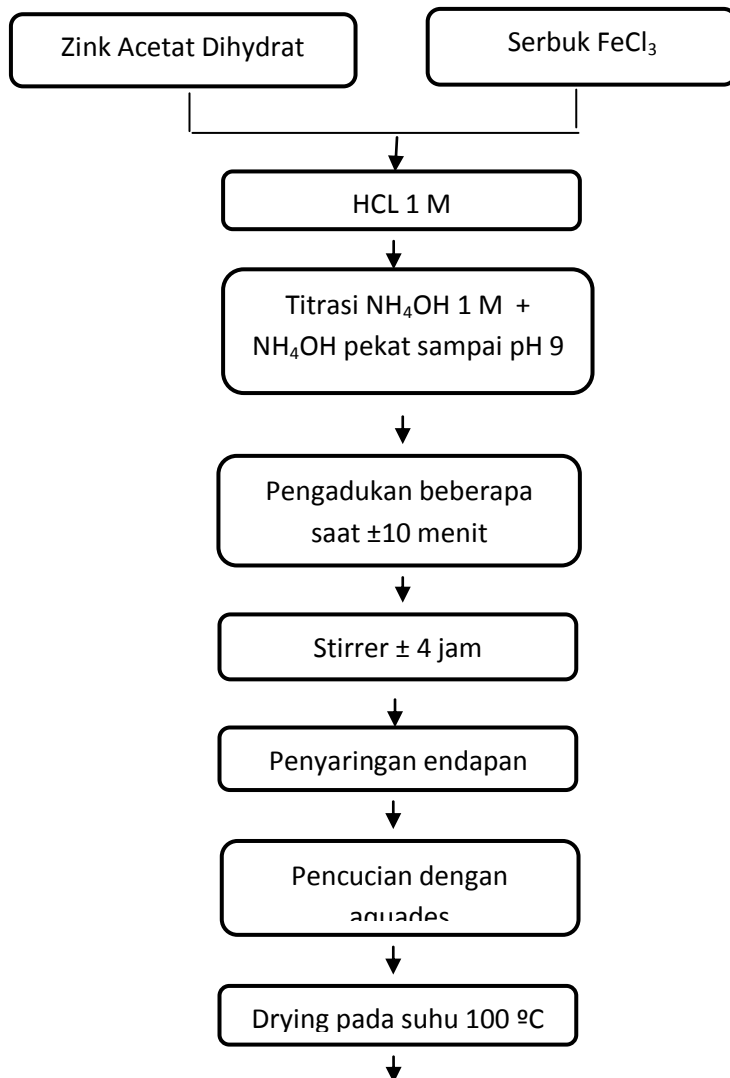
o Pemanggilan model dari *database* struktur kristal yang sudah tersedia dalam *MAUD*. Jika struktur tidak tersedia, data struktur bisa dibuat dari \*. cif atau *ICSD* lalu diekspor ke database.

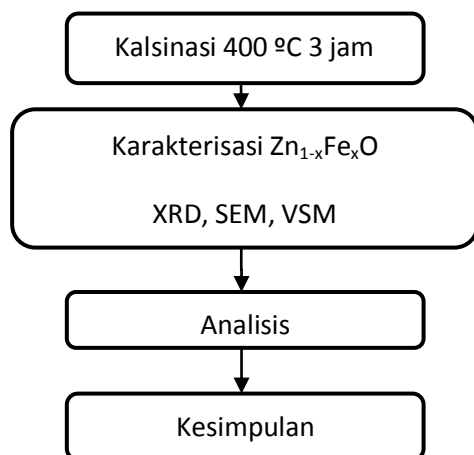
o Pemilihan model untuk mikrostruktur. Pada studi ini, model mikrostruktur yang dipilih merupakan distribusi, dan model distribusi yang dipilih merupakan distribusi lognormal.

o Proses penghalusan profil bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu melalui *refine wizard panel* dan penghalusan secara manual. Dalam studi ini, penghalusan dilakukan secara manual.

o Pemanggilan *file output*, untuk mengetahui nilai-nilai parameter hasil penghalusan beserta nilai ralatnya.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian





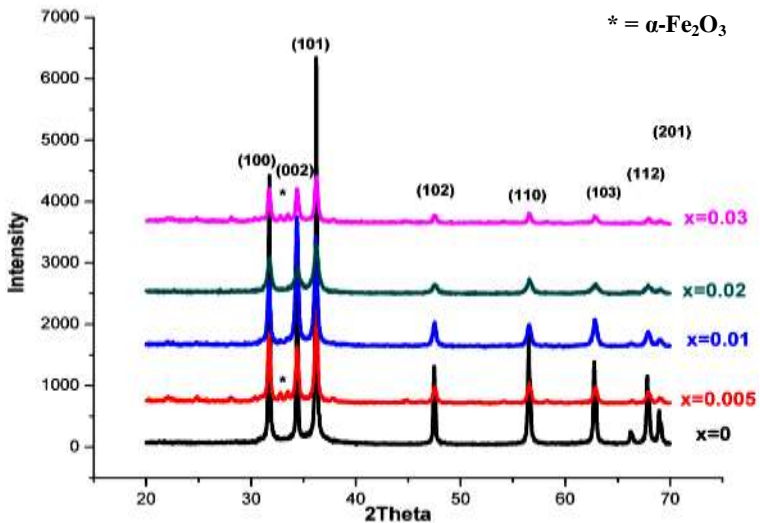
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pola Difraksi XRD $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ ( $x = 0, 0,005, 0,01, 0,02, 0,03$ )

Pola difraksi  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  ( $x = 0, 0,005, 0,01, 0,02, 0,03$ ) hasil sintesis dengan menggunakan metode kopresipitasi dan dilakukan kalsinasi pada suhu  $400^\circ\text{C}$  selama 3 jam ditunjukkan dalam Gambar 4.1



Gambar 4.1 Pola difraksi hasil sintesis nanopartikel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan variasi dopan Fe berturut-turut ( $x = 0,005, 0,01, 0,02, 0,03$ )

Gambar 4.1 menampilkan pola difraksi  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan variasi doping ion Fe, dengan pola variasi dopan mulai dari yang terendah yaitu  $x=0$  sampai yang tertinggi  $x=0,03$ . Hasil analisis dengan *software match!* Sesuai dengan data PDF (*Powder Diffraction File*) 00-079-0207 dari fasa difraksi ZnO terlihat bahwa fasa anorganik yang terbentuk adalah *Zinc Oxide* (ZnO) yang berbentuk heksagonal dengan struktur kristal *Zincite*. Dari Gambar 4.1 diperoleh kecocokan puncak hasil difraksi dengan database ZnO yaitu pada (hkl) (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (112), dan (201) yang menempati lokasi  $2\theta=31,59^\circ$ ,  $34,29^\circ$ ,  $36,08^\circ$ ,  $47,40^\circ$ ,  $56,39^\circ$ ,  $62,70^\circ$ ,  $66,19^\circ$ ,  $67,77^\circ$  dan  $68,98^\circ$ .

Berdasarkan hasil XRD pada sampel dengan dopan Fe dengan  $x=0,005$  dan  $x=0,03$  terdapat puncak kecil yang ditandai dengan tanda \* yang menunjukkan adanya impuritas berupa fase  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Hal ini dikarena pada suhu kalsinasi mencapai  $400^\circ\text{C}$  akan mterjadi dekomposisi ion Fe yang akan berikatan dengan oksigen dan membentuk fase  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Serta waktu kalsinasi yang cukup lama (3 jam) juga menyebabkan ion Fe lebih reaktif sehingga ada kemungkinan mampu untuk mengikat oksigen dan membentuk fase  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Akan tetapi puncak yang muncul sangatlah kecil dan sulit untuk dianalisa, sehingga pada penelitian ini hanya menganalisa fase ZnO saja untuk menentukan tersubstitusinya Fe ke dalam ZnO.

Dari hasil pola difraksi terjadi pergeseran parameter kisi. Untuk analisis adanya pergeseran kisi pada sampel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  digunakan perangkat lunak *Rietica*. Pada tabel 4.1 diberikan hasil analisis parameter kisi sampel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  menggunakan *Rietica*.

Tabel 4.1 Data hasil analisis parameter kisi menggunakan *Rietica*

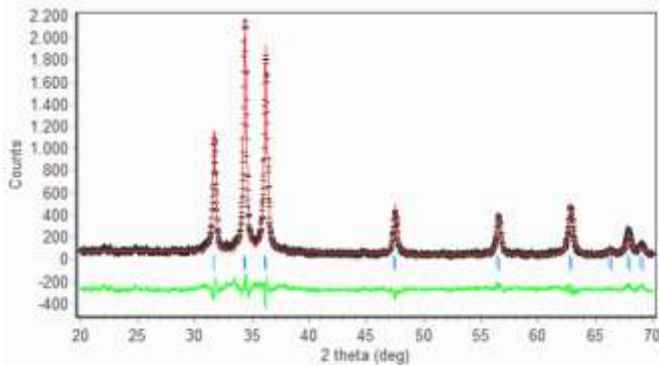
Parameter Kisi	x = 0	x = 0,005	x = 0,01	x = 0,02	x = 0,03
a=b (Å)	3.2559	3.2529	3.2514	3.2520	3.2524
c (Å)	5.2149	5.2091	5.2054	5.2077	5.2099
$\alpha=\beta$ (°)	90	90	90	90	90
$\gamma$ (°)	120	120	120	120	120
Vol. cell	47.8775	47.7374	47.6572	47.6964	47.7287

Dari Tabel 4.1 dapat terlihat bahwa parameter kisi a, b, dan c berubah ubah dengan bertambahnya doping, meskipun perbedaannya sangat kecil. Pada dopan Fe dengan x= 0, 0,005, 0,01 dan 0,02 parameter kisi a, b, dan c berubah semakin kecil. Hal ini juga menyebabkan volume sel semakin kecil pula. Karena terjadi pergeseran kisi ini mengindikasikan bahwa dopan Fe telah tersubstitusi pada senyawa induk ZnO dan menggantikan sebagian posisi dari ion  $\text{Zn}^{2+}$  pada komposisi senyawa  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ . Selain itu juga dapat dijelaskan dengan meninjau jari-jari ion dopan  $\text{Fe}^{3+}$  ( $r= 0,064\text{\AA}$ ) lebih kecil dari jari-jari basis ion  $\text{Zn}^{2+}$  ( $r= 0,74\text{\AA}$ ) sehingga terjadi pemendekan jarak antar atomnya. Karena jari-

jari ion dopan lebih kecil, akibatnya volume cell senyawa bahan akan ikut menurun. Fasa-fasa apa saja yang terbentuk dapat dilihat dengan cara pencocokan hasil XRD sampel dengan data PDF (*Powder Diffraction File*) menggunakan *software Match!*. Akan tetapi karena jumlah dopingnya sangat kecil maka fase yang terbaca masih dalam fase ZnO.

Pada sampel  $x=0,03$  terjadi kenaikan parameter kisi dari sampel sebelumnya. Penyebabnya yang pertama adalah karena munculnya sedikit fase  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , sehingga ion  $\text{Fe}^{3+}$  yang mensubstitusi  $\text{Zn}^{2+}$  menjadi berkurang dan menyebabkan parameter kisi kembali meningkat. Penyebab yang kedua berasal dari doping ion Fe dalam ZnO. Ion Fe dapat membentuk dua jenis ion yaitu  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ . Meskipun yang didopingkan adalah ion  $\text{Fe}^{3+}$  akan tetapi ada kemungkinan mendapatkan satu elektron pada saat terdekomposisi pada proses sintesis atau pun pada saat kalsinasi, sehingga terbentuk ion  $\text{Fe}^{2+}$ . Jari-jari ion dari  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$  berturut-turut adalah 0,78 Å, 0,68 Å, dan 0,74 Å. Wang *et al* juga melaporkan munculnya ion  $\text{Fe}^{2+}$  dalam ZnO doping Fe pada film tipis, sama seperti yang dilaporkan oleh Kim *et al* (2002). Tetapi Baek *et al* menganalisa adanya indikasi ion  $\text{Fe}^{3+}$  pada doping Fe yang dicampurkan ke dalam nano struktur ZnO. Sehingga ion Fe yang telah terdoping ke dalam ZnO menyebabkan dua kemungkinan, yaitu yang pertama memperbesar jari-jari ion yang disebabkan oleh adanya ion  $\text{Fe}^{2+}$ ,

yang kedua adalah memperkecil jari-jari ion yang disebabkan oleh adanya ion  $\text{Fe}^{3+}$ , hal ini juga yang mempengaruhi kenaikan parameter kisi pada sampel  $x=0,03$ . Hasil keluaran grafik pola pencocokan dengan *software Rietica* ditunjukkan pada Gambar 4.2. Poladifraksi model digambarkan dengan warna merah dan pola difraksi hasil penelitian di Gambarkan dengan garis warna hitam. Kurva paling bawah adalah plot selisih antara pola difraksi model dan pola difraksi hasil penelitian. Garis-garis tegak menyatakan posisi-posisi puncak *Bragg*. Berdasarkan Gambar tersebut tampak pola pencocokan data difraksi terukur sesuai dengan model.



Gambar 4.2 Pola pencocokan grafik XRD untuk sampel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  untuk ( $x=0,01$ ) dengan database  $\text{ZnO}$  menggunakan *Rietica*.

#### 4.2 Analisis Ukuran Kristal dengan *Software Material Analysis Using Diffraction* (MAUD)



Hasil uji XRD yang menghasilkan pola puncak-puncak difraksi menunjukkan tingkat kekristalan suatu bahan. Selain itu, puncak difraksi mengindikasikan ukuran kristal fasa-fasa pada tiap sampel. Semakin lebar puncak difraksi, maka ukuran kristalnya akan semakin kecil. Untuk analisis ukuran kristal pada sampel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  digunakan perangkat lunak MAUD (Lutteroti, 2006).

Dari hasil pencocokan antara pola difraksi terhitung dengan pola difraksi terukur diperoleh nilai luaran hasil penghalusan pada setiap parameter-parameter penghalusan. Dari hasil analisis menggunakan MAUD didapatkan informasi keluaran berupa ukuran kristal. Berikut Tabel 4.2 yang memberikan informasi ukuran kristal  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan variasi dopan.

Tabel 4.2. Nilai ukuran kristal  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  untuk variasi komposisi dopan Fe

No	Konsentrasi dopan Fe (x)	Ukuran Kristal (nm)
1	0	188
2	0,005	45,8
3	0,01	32,8

4	0,02	38,1
5	0,03	43,5

Dari hasil analisis menggunakan MAUD, dengan penambahan dopan terjadi perubahan ukuran kristal. Ukuran kristal ini dalam satuan panjang yaitu nanometer, hal ini berarti ukuran kristal yang dimaksud adalah diameter dari kristal sampel. Dengan bertambahnya doping membuat ukuran kristal semakin kecil. Jika jari-jari pendoping lebih kecil maka seiring dengan bertambahnya doping akan membuat jarak antar kisi juga semakin kecil, membuat volume sel juga mengecil sehingga ukuran kristal juga semakin kecil. Agar tersubstitusi ke dalam  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dibutuhkan Fe yang memiliki jari-jari hampir sama dengan jari-jari ion  $\text{Zn}^{2+}$ , sehingga diperkirakan ion  $\text{Fe}^{3+}$  yang mampu mensubstitusi  $\text{Zn}^{2+}$ .

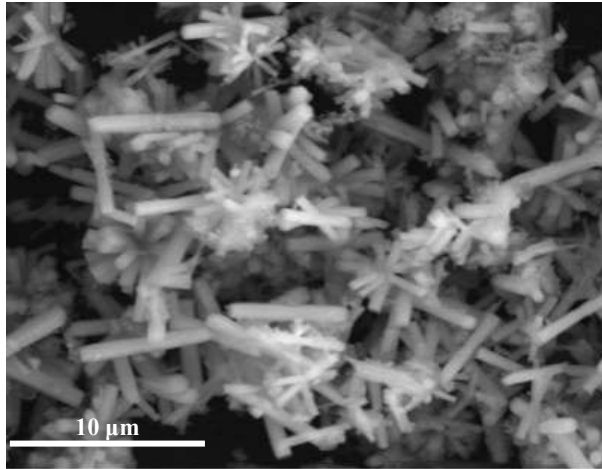
Dengan jari-jari ion yang hampir sama dengan  $\text{Zn}^{2+}$  yang mampu memudahkan dopan tersubstitusi dalam senyawa basis  $\text{ZnO}$ . Karena dopan Fe memiliki dua valensi dan tidak dapat dilakukan pengontrolan sehingga ada kemungkinan tersubstitusi oleh  $\text{Fe}^{2+}$ , hal ini dapat menyebabkan terjadinya perlambatan nukleasi (pertumbuhan kristal) dalam pembentukan kristal  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  karena Fe dengan valensi yang berbeda memiliki jari-jari ionik yang berbeda-beda pula. Akan tetapi berdasarkan hasil

analisa MAUD menunjukkan ukuran kristal cenderung mengecil seiring dengan bertambahnya dopan Fe yang diberikan. Hal ini menunjukkan ion yang tersubstitusi ke  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  adalah ion  $\text{Fe}^{3+}$ .

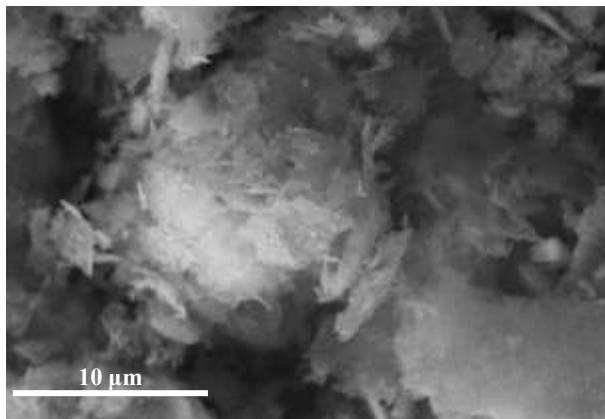
Namun berbeda dengan variasi dopan Fe  $x = 0, 0,005, 0,01$  dan  $0,02$ , pada doping Fe  $x = 0,03$  terlihat membesar walaupun tidak terlalu banyak, hal ini juga disebabkan oleh yang pertama keberadaan ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang menyebabkan jari-jari ion membesar, dan yang kedua adalah beberapa ion Fe membentuk fase  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Pada  $x=0,02$  juga sedikit terjadi peningkatan ukuran kristal, kemungkinan hal ini disebabkan hadirnya ion  $\text{Fe}^{2+}$ .

#### **4.3 Hasil Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)**

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan untuk mengetahui bentuk morfologi dari partikel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan variasi perbesaran. Berdasarkan hasil pengujian SEM dapat diketahui bahwa bentuk morfologi dari partikel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  yaitu *nano wire* tapi sangat halus dan terlihat telah menyatu. Dapat dilihat  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan dopan  $x=0$  dan  $x=0,01$  dengan perbesaran 10000 pada Gambar 4.3.



(a)



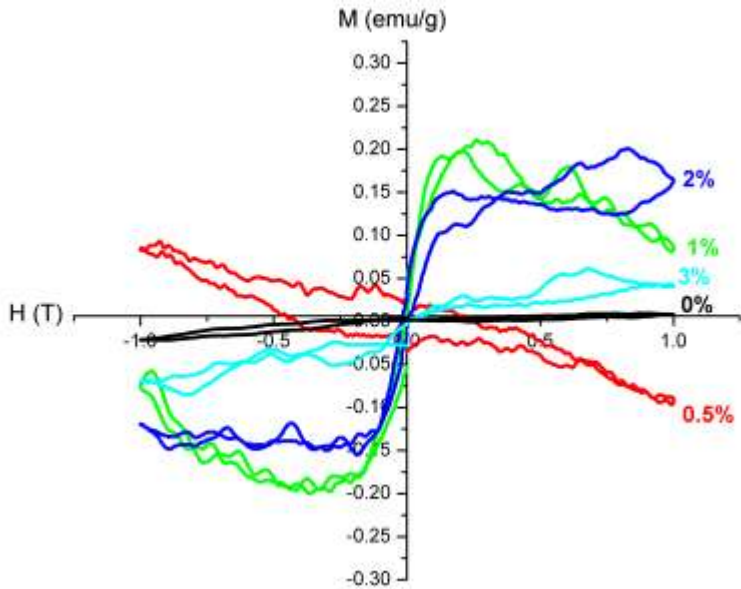
(b)

Gambar 4.3 Hasil uji SEM  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dopan  $x=0$  (a) dan  $x=0,01$  (b) dengan perbesaran 10000 kali

Dari hasil SEM ditunjukkan bahwa morfologi yang dihasilkan oleh ZnO dengan doping lebih halus dibandingkan ZnO tanpa doping. Hal ini karena ukuran partikel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  berkurang akibat penambahan dopan Fe.

#### **4.4 Sifat Magnetik $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ ( $x = 0, 0,005, 0,01, 0,02, 0,03$ )**

Untuk mengetahui sifat magnetik dari sampel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan menggunakan metode sintesa kopresipitasi diperlukan karakterisasi VSM (*Vibrating Sampel Magnetometer*). Karakterisasi ini dilakukan pada temperatur ruang dan jangkauan medan magnet luar yang diberikan antara 0 sampai 1 Tesla (T). Adapun kurva yang terbentuk dari hasil pengukuran VSM dari sampel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan 5 variasi konsentrasi dopan Fe, merupakan kurva magnetisasi (M) versus medan magnet luar (H), yang ditunjukkan oleh Gambar 4.4



Gambar 4.4 Kurva Magnetisasi sebagai fungsi medan magnet (magnetik hysteresis loops) dari sampel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  nanopartikel variasi dopan Fe yang diukur pada temperatur ruang

Dari Gambar 4.4 dapat teramati adanya loop hysteresis magnetik yang terbentuk pada hasil pengukuran sampel Fe *doped* ZnO nanopartikel pada temperatur ruang (300K) dengan komposisi Fe  $x = 0, 0,005, 0,01, 0,02, \text{ dan } 0,03$ . Pada Gambar terlihat kurva magnetisasi dari masing-masing sampel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan doping Fe yang berbeda-beda. Pada sampel ZnO murni terlihat kurva yang terbentuk adalah paramagnetik sangat lemah.

Menurut Omri dkk idealnya ZnO murni memiliki sifat diamagnetik. Sifat paramagnetik lemah pada sampel muncul kemungkinan disebabkan adanya kecacatan intrinsik pada kisi ZnO yaitu berupa kekosongan oksigen. Jika oksigen di beberapa kisi hilang maka  $\text{Zn}^{2+}$  yang memiliki moment magnetik ( $2\mu_B$ ) akan lebih mendominasi ZnO. Sehingga kemagnetan dalam senyawa ZnO akan sedikit bertambah sehingga sifat magnetik yang muncul adalah paramagnetik lemah. Selain itu menurut penelitian Wang dkk (2005), pada dasarnya sampel ZnO memang sudah memiliki kekosongan oksigen.

Hal ini sangat berpengaruh karena momen magnetik berhubungan dengan konsentrasi dari kekosongan oksigen. Pada sampel ZnO dengan dopan 0.005 menunjukkan sifat diamagnetik. Karena dopan yang diberikan masih sangat sedikit yaitu 0,005 maka ion Fe belum bisa sepenuhnya mempengaruhi kemagnetan dari ZnO yang pada dasarnya bersifat diamagnetik, sehingga masih tetap bersifat diamagnetik. Pada kurva dengan dopan Fe  $x = 0,01$  terlihat bahwa kurva menunjukkan magnetisasi positif, begitu juga pada dopan Fe  $x = 0,02$  dan dopan Fe  $x = 0,03$ . Penelitian terbaru menunjukkan ZnO doping Fe pada film tipis menunjukkan sifat ferromagnetik pada suhu kamar. Tapi menurut S.W Yoon (2006), ada beberapa laporan yang menunjukkan  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  memiliki sifat anti ferromagnetik. Perbedaan sifat magnetik yang dihasilkan bisa jadi disebabkan karena substitusi

ion Fe ( $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ ), cacat intrinsik oksigen, BMP (*Bond Magnetic Polaron*) dan impuritas fase lain.

Sifat magnetik yang ambigu pada  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  ini tak lepas dari adanya ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan ion  $\text{Fe}^{3+}$  yang tersubstitusi ke dalam ZnO, karena kedua ion ini memiliki perbedaan jumlah magnetik spin yang tak berpasangan, sehingga berpengaruh juga pada magnetisasinya. Magnetisasi sampel juga dipengaruhi oleh fase-fase yang kemungkinan terbentuk pada saat dekomposisi seperti  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  yang pada umumnya bersifat anti ferromagnetik, dan mampu menahan medan magnet dari ferromagnetik. Lalu fase akibat dekomposisi ion Fe dengan oksigen yaitu fase  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang bersifat ferromagnetik dan fase  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  yang bersifat ferromagnetik lemah (Ferrimagnetik). Jadi pada satu sampel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  bisa saja terbentuk beberapa fase dengan sifat magnetik yang berbeda-beda, dan hal ini tak dapat dikontrol dan dideteksi karena fase-fase yang terbentuk sangat kecil.

Akan tetapi meskipun kecil fase-fase ini berpengaruh cukup besar terhadap magnetisasi sampel. Hal ini lah yang menyebabkan ambiguitas sifat magnetik yang dihasilkan. Pada kurva dengan dopan Fe  $x= 0,005$  dan  $x= 0,03$  terdapat sedikit puncak dari  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , sehinggamenyebabkan magnetisasinya menurun seperti yang terlihat pada sampel  $x= 0,03$ . Pada sampel  $x=0,01$  magnetisasi tiba-tiba turun dan tak menunjukkan saturasi, hal ini disebabkan karena dopan yang diberikan masih sedikit



(+0,005) dari jumlah dopan yang diberikan sebelumnya, sehingga pengaruh diamagnetik masih cukup besar. Barulah pada  $x=0,02$  kurva menunjukkan saturasi, karena dopan bertambah cukup banyak (+0,01).

Penelitian terbaru mengenai ZnO *doped* Fe oleh Fabbiyola *et al* (2016), menggunakan dopan sebesar 5, 10, 15, dan 20 %mol. Menghasilkan magnetisasi tertinggi yaitu 0,20 emu/g pada dopan 20 %mol. Jika dibandingkan dengan penelitian ini yang menggunakan dopan 0,5, 1, 2 dan 3 %gram atau 0,65 %mol, 1,31 %mol, 2,62 %mol dan 3,94 %mol. Menghasilkan magnetisasi tertinggi 0,20 emu/g pada dopan Fe 2,6 %mol. Hal ini menunjukkan bila magnetisasi pada dopan 2,6 %mol mampu menyamai dopan 20 %mol. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh beberapa perbedaan seperti suhu dan waktu kalsinasi dan ditambahkannya proses *stirring*. Pada penelitian ini digunakan proses *stirring* agar dopan lebih terdistribusi merata, sedangkan pada Fabbiyola *et al* (2016) tidak dilakukan proses ini. Pada penelitiannya juga hanya menggunakan suhu 200°C dalam waktu 1 jam, sedangkan pada penelitian ini menggunakan suhu 400°C dalam waktu 3 jam.

Karena semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu kalsinasi membuat ion-ion Fe semakin reaktif, maka kemampuani Fe untuk mensubstitusi ke dalam kristal ZnO juga semakin meningkat, meskipun kemungkinan beresiko munculnya fase lain

akibat ion Fe yang mengikat oksigen seperti  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  yang bersifat ferromagnetik lemah, sehingga menyebabkan menurunnya magnetisasi bahan. Kalsinasi ini juga menyebabkan oksigen semakin bergetar dan meninggalkan kisi, akibatnya terjadi cacat kekosongan. Dan pastinya ada juga pengaruh dari ambiguitas ion Fe ( $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ ) serta BMP (*Bond Magnetic Polaron*)

Dari penjelasan sifat magnetik pada masing-masing sampel juga dapat diketahui bahwa sifat magnetik yang terbentuk sangat sensitif terhadap metode pembuatan dan juga pada proses atau kondisi pembuatan. Selain itu sifat magnetik yang terbentuk juga dipengaruhi oleh konsentrasi ion logam transisi yang ditambahkan pada ZnO. Ketidakstabilan hasil ini mungkin berkaitan dengan tersubstitusinya ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan ion  $\text{Fe}^{3+}$  pada ZnO, terbentuknya fase lain akibat dekomposisi ion Fe dan adanya cacat intrinsik seperti cacat kekosongan dan BMP (*Bond Magnetic Polaron*). Untuk itu sampai saat ini para peneliti masih melakukan studi lebih lanjut untuk mencari cara untuk mengontrol sifat magnetik dari  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  ini.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5. 1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang berjudul “Pengaruh Dopan Fe Pada Kemagnetan Nanopartikel ZnO Hasil Kopresipitasi” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan dopan ion Fe yang tersubstitusi pada Nanopartikel ZnO mempengaruhi peningkatan atau penurunan parameter kisi a, b, dan c. Hal ini terjadi karena jari-jari ion  $\text{Fe}^{3+}$  lebih kecil daripada ion  $\text{Zn}^{2+}$  serta  $\text{Fe}^{2+}$  yang lebih besar dari  $\text{Zn}^{2+}$ . Sehingga berpengaruh juga pada ukuran kristal  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ .
2. Berdasarkan hasil pengujian SEM dapat diketahui bahwa bentuk morfologi dari partikel  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  sangat halus dibandingkan dengan tanpa doping.
3. Ketika Fe didopingkan pada ZnO menghasilkan kurva magnetisasi yang berbeda-beda pada masing-masing komposisi pendoping. Pada dopan  $x=0,005$  grafik menunjukkan sifat diamagnetik, dopan  $x=0,01$  hingga  $x=0,03$  grafik menunjukkan magnetisasi yang positif. Namun pada  $x=0,03$  mengalami penurunan nilai magnetisasi akibat munculnya sedikit fase  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ .

4. Kemagnetan pada sampel dipengaruhi oleh ambiguitas tersubstitusinya ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan ion  $\text{Fe}^{3+}$  pada  $\text{ZnO}$ , terbentuknya fase lain akibat dekomposisi ion  $\text{Fe}$ , adanya cacat intrinsik seperti BMP (*Bond Magnetic Polaron*) dan cacat kekosongan oksigen.

## 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan data yang lebih maksimal. Terutama pada sifat magnetik perlu dikaji lebih dalam lagi. Karena sifat magnetik pada setiap peneliti menghasilkan data yang berbeda-beda dengan metode yang berbeda pula.

## DAFTAR PUSTAKA

- C.Z.Wang, Z.Chen, Y.He, L.Y.Li, D.Zhang. "Structure, morphology and properties of Fe-doped ZnO films prepared by facing-target magnetron sputtering system". Appl.Surf.Sci.255 (2009)6881.
- Chuanhui Xia, Chenguo Hu, Yongshu Tian, Peng Chen, Buyong Wan, Jing Xu. "Room-temperature ferromagnetic properties of Fe-doped ZnO rod arrays". Solid State Sci.13 (2011) 388–393.
- Halliday & Resnick. 1989. Fisika. Jakarta: Erlangga.
- J.H. Shim, T. Hwang, S. Lee, Appl. Phys. Lett. 86 (2005) 082503.
- Jung, S.J. An, G.C. Yi, Appl. Phys. Lett. 80 (2002) 4561
- K. Sato, H. Katayama-Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys. 39 (2) (2000) L555.
- Kim K. J, Y.R. Park, J. Appl. Phys. 8 (2002) 1420.
- Khairiah, (2011), *Sintesis Dan Karakterisasi Pertumbuhan Nanopartikel ZnS Dengan Metode Kopresipitasi.*, Skripsi, FMIPA, UNIMED, Medan.
- Lee, S., Jeong, S., Kim, D., Hwang, S., Jeon, M., Moon, J., 2008. "ZnO nanoparticles with controlled shapes and sizes

- prepared using a simple polyol synthesis”. *Superlattices and Microstructures* 43, 330–339.
- S.Fabbiyola, L.John Kennedy, T.Ratnaji, J.Judith Vijaya, Udaya Aruldoss, M.Bououdina. “Effect of Fe-doping on the structural, optical and magnetic properties of ZnO nanostructures synthesised by co-precipitation method”. *Ceramics International* 42 (2016) 1588–1596
- S. Karamata, R.S.Rawata, P.Leea, T.L.Tana, R.V.Ramanujanc. “Structural, elemental, optical and magnetic study of Fe doped ZnO and impurity phase formation”. *Progress in Natural Science: Materials International* 24 (2014) 142–149
- Y. Matsumoto *et al.*, *Science* 291, 854 (2001)
- S.D. Yoon, Y. Chen, *J. Appl. Phys.* 99 (8) (2006) M109.
- S.J. Han, J.W. Song, C.-H. Yang, S.H. Park, J.-H. Park, Y.H. Jeong, *Appl. Phys. Lett.* 81 (2002) 4212.
- S.W. Jung, S.J. An, G.C. Yi, *Appl. Phys. Lett.* 80 (2002) 4561.
- S.W. Yoon, S.B. Cho, S.C. We, S. Yoon, B.J. Suh, H.K. Song, J. Shin, *J. Appl. Phys. Lett.* 81 (2002) 4212.
- T. Dietl, H. Ohno, F. Matsukura, J. Cibert, D. Ferrand, *Science* 287 (2000) 1019.
- Tshabalala, M.A., B.F. Dejene, and H.C. Swart. “Synthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles Using Polyethylene

Glycol (PEG).” *Physica B: Condensed Matter* 407, no. 10 (May 15, 2012): 1668–1671.

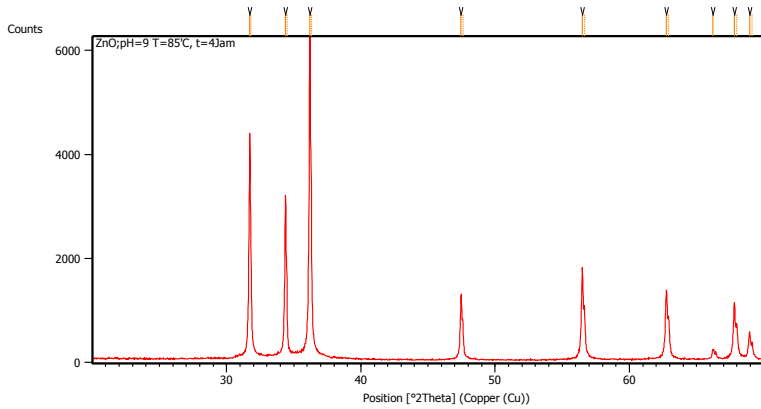
Van Vlack, L.H. 1994. *Ilmu dan Teknologi Bahan* edisi kelima. diartikan oleh Djaprie, S. Jakarta: Erlangga.



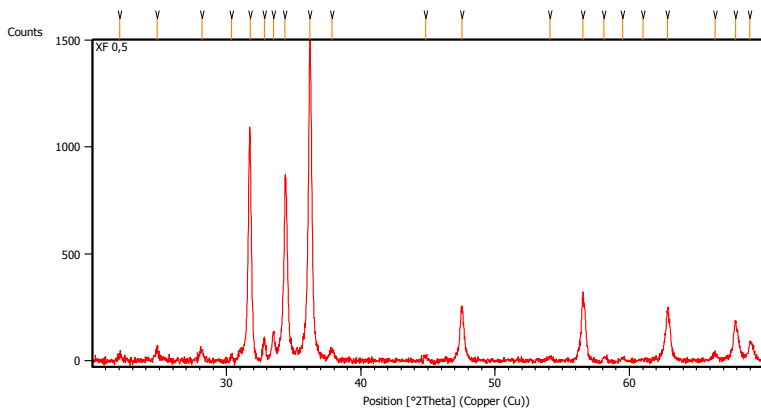
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN A

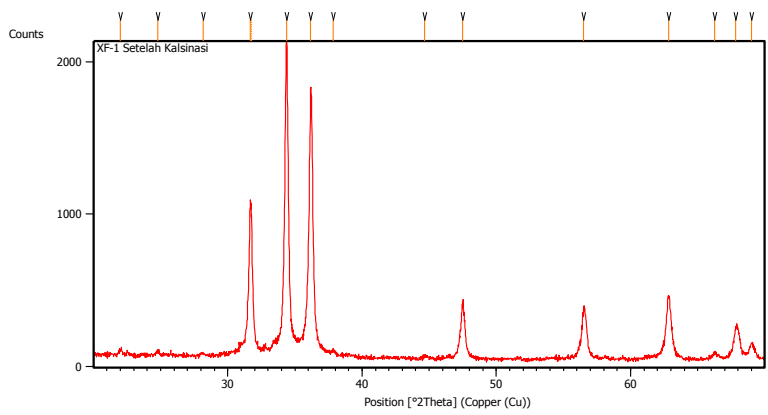
### GRAFIK POLA DIFRAKSI SINAR-X



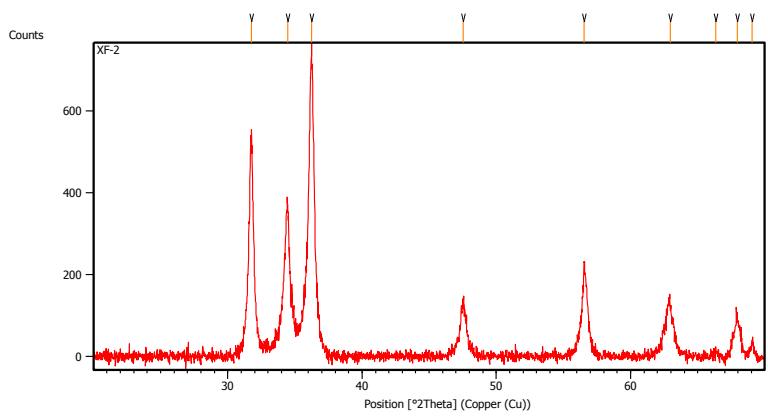
Gambar I Grafik pola difraksi  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan  $x=0,00$



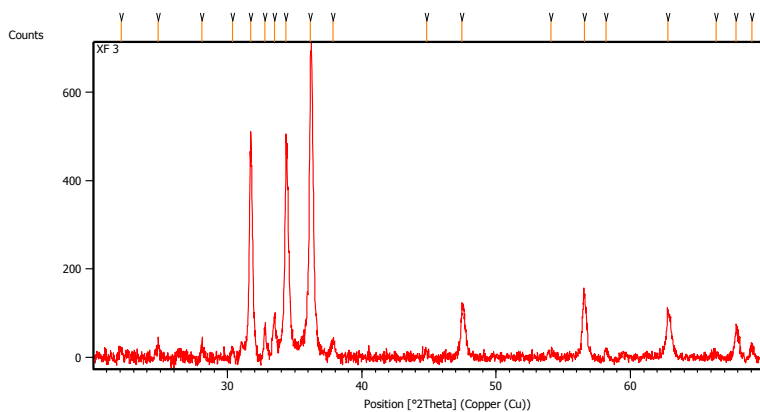
Gambar 2. Grafik pola difraksi  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan  $x=0,005$



Gambar 3. Grafik pola difraksi  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan  $x=0,01$



Gambar 4. Grafik pola difraksi  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan  $x=0,02$



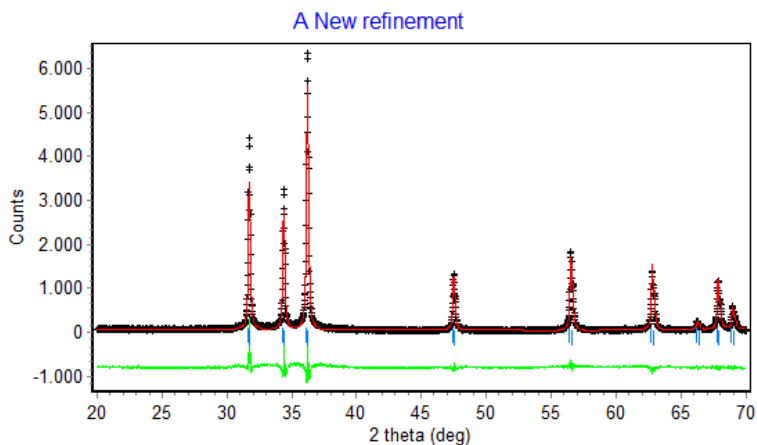
Gambar 5. Grafik pola difraksi  $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$  dengan  $x=0.03$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN B

### ANALISIS PARAMETER KISI DENGAN RIETICA

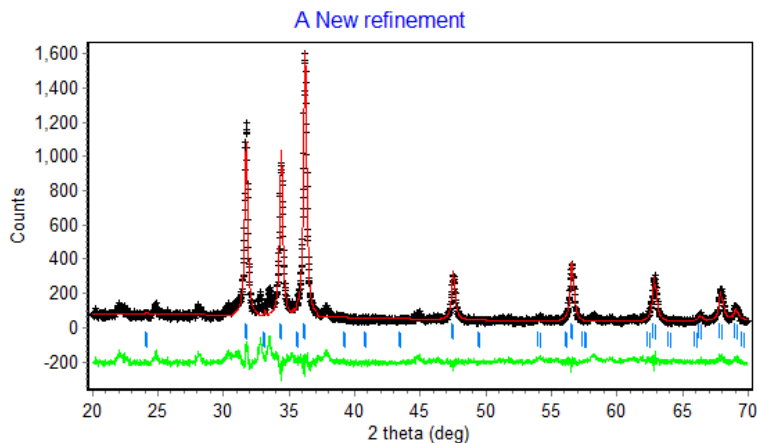
x=0,00



```

+-----+
| Phase: 1 |
+-----+
PHASE SCALE FACTOR = 0.118630E-02-233986E-080.103128E-04
OVERALL TEMP. FACTOR = 0.000000 0.000000 0.000000
CELL PARAMETERS = 3.255926 -0.000001 0.000106
                  3.255926 -0.000001 0.000106
                  5.214973 0.000000 0.000190
                  90.000008 0.000000 0.000000
                  90.000008 0.000000 0.000000
                  120.000015 0.000000 0.000000
RECIPROCAL CELL = 0.355 0.355 0.192 90.000 90.000 60.000
CELL VOLUME = 47.877529 0.002817
SCALE * VOLUME = 0.056797 0.000494
MOLECULAR WEIGHT = 488.280
DENSITY = 16.928
ABSOLUTE PHASE VALUES:
INC = NEUTRONS ON SAMPLE/CM^2 (in cm^-2)
MASS = MASS OF PHASE IN BEAM (in g)
ls/R = RATIO OF DETECTOR HEIGHT TO SAMPLE-DETECTOR
  
```

x=0,005

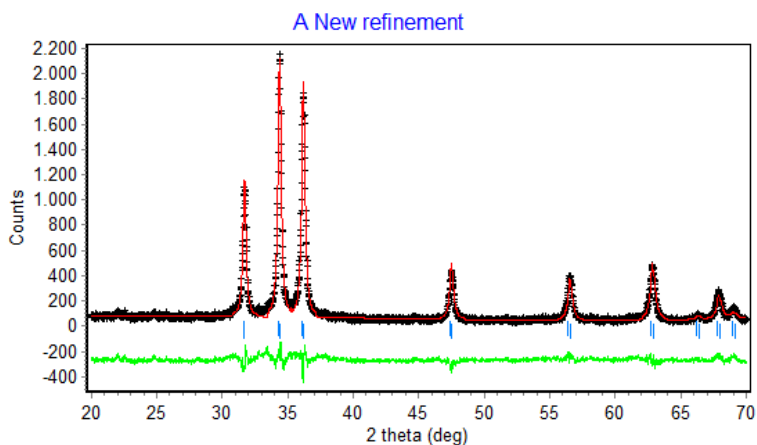


```

+-----+
| Phase: 1 |
+-----+
PHASE SCALE FACTOR = 0.780612E-03-.143911E-050.147971E-04
OVERALL TEMP. FACTOR = 0.000000 0.000000 0.000000
CELL PARAMETERS   = 3.252978 0.000043 0.000373
                   3.252978 0.000044 0.000373
                   5.209145 0.000128 0.000638
                   90.000008 0.000000 0.000000
                   90.000008 0.000000 0.000000
                   120.000015 0.000000 0.000000
RECIPROCAL CELL   = 0.355 0.355 0.192 90.000 90.000 60.000
CELL VOLUME       = 47.737450 0.009700
SCALE * VOLUME    = 0.037264 0.000706
MOLECULAR WEIGHT   = 488.280
DENSITY           = 16.977
ABSOLUTE PHASE VALUES:
  INC = NEUTRONS ON SAMPLE/CM^2 ( in cm^-2)
  MASS = MASS OF PHASE IN BEAM (in g)
  ls/R = RATIO OF DETECTOR HEIGHT TO SAMPLE-DETECTOR
Then:
  INC*MASS*ls/R = 12421.9

```

x=0,01



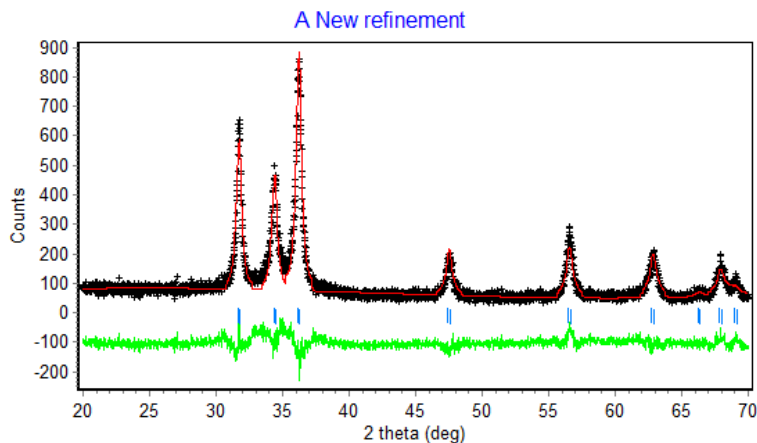
```

+-----+
| Phase: 1 |
+-----+
PHASE SCALE FACTOR = 0.947699E-03-107953E-060.119155E-04
OVERALL TEMP. FACTOR = 0.000000 0.000000 0.000000
CELL PARAMETERS = 3.251414 0.000000 0.000169
                  3.251413 0.000000 0.000169
                  5.205400 0.000000 0.000000
                  90.000008 0.000000 0.000000
                  90.000008 0.000000 0.000000
                  120.000015 0.000000 0.000001
RECIPROCAL CELL = 0.355 0.355 0.192 90.000 90.000 60.000
CELL VOLUME = 47.657261 0.003506
SCALE * VOLUME = 0.045165 0.000568
MOLECULAR WEIGHT = 488.280
DENSITY = 17.006
ABSOLUTE PHASE VALUES:
  INC = NEUTRONS ON SAMPLE/CM^2 ( in cm^-2)
  MASS = MASS OF PHASE IN BEAM (in g)
  Is/R = RATIO OF DETECTOR HEIGHT TO SAMPLE-DETECTOR
Then:

```



x=0,02

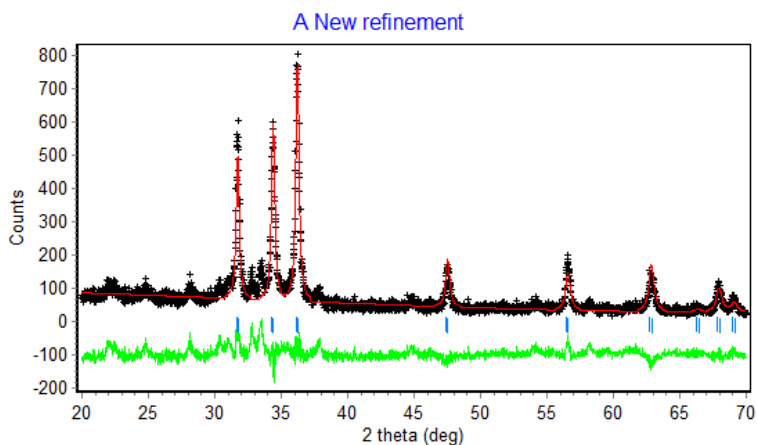


```

+-----+
| Phase: 1 |
+-----+
PHASE SCALE FACTOR = 0.602049E-03-523456E-060.256956E-04
OVERALL TEMP. FACTOR = 0.000000 0.000000 0.000000
CELL PARAMETERS = 3.252008 -0.000005 0.000655
                  3.252008 -0.000005 0.000655
                  5.207774 -0.000013 0.001073
                  90.000008 0.000000 0.000000
                  90.000008 0.000000 0.000000
                  120.000015 0.000000 0.000001
RECIPROCAL CELL = 0.355 0.355 0.192 90.000 90.000 60.000
CELL VOLUME = 47.696434 0.016769
SCALE * VOLUME = 0.028716 0.001226
MOLECULAR WEIGHT = 488.280
DENSITY = 16.992
ABSOLUTE PHASE VALUES:
  INC = NEUTRONS ON SAMPLE/CM^2 ( in cm^-2)
  MASS = MASS OF PHASE IN BEAM (in g)
  Is/R = RATIO OF DETECTOR HEIGHT TO SAMPLE-DETECTOR
Then:
  INC*MASS*Is/R = 9572.04

```

x=0,03



```

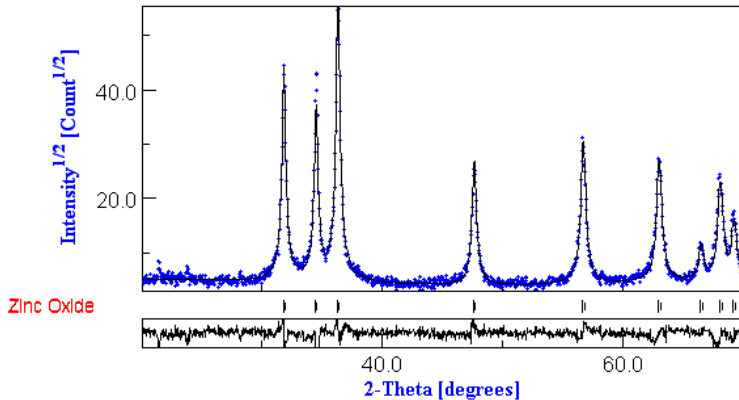
+-----+
| Phase: 1 |
+-----+
PHASE SCALE FACTOR = 0.344642E-030.231328E-060.782988E-05
OVERALL TEMP. FACTOR = 0.000000 0.000000 0.000000
CELL PARAMETERS = 3.252425 -0.000003 0.000635
                  3.252425 -0.000003 0.000635
                  5.209965 -0.000004 0.001020
                  90.000008 0.000000 0.000000
                  90.000008 0.000000 0.000000
                  120.000015 0.000000 0.000000
RECIPROCAL CELL = 0.355 0.355 0.192 90.000 90.000 60.000
CELL VOLUME = 47.728733 0.016159
SCALE * VOLUME = 0.016449 0.000374
MOLECULAR WEIGHT = 488.280
DENSITY = 16.980
ABSOLUTE PHASE VALUES:
  INC = NEUTRONS ON SAMPLE/CM^2 (in cm^-2)
  MASS = MASS OF PHASE IN BEAM (in g)
  Is/R = RATIO OF DETECTOR HEIGHT TO SAMPLE-DETECTOR
Then:

```

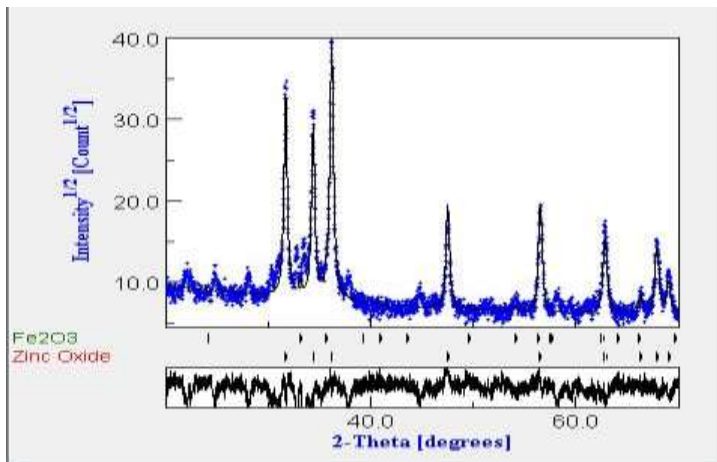
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN D

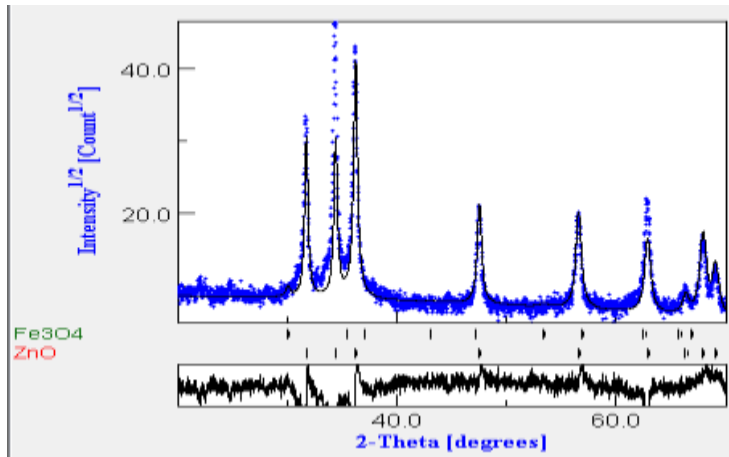
### Hasil Analisis Pola Pencocokan Grafik dengan *Software Material Analysis Using Diffraction (MAUD)*



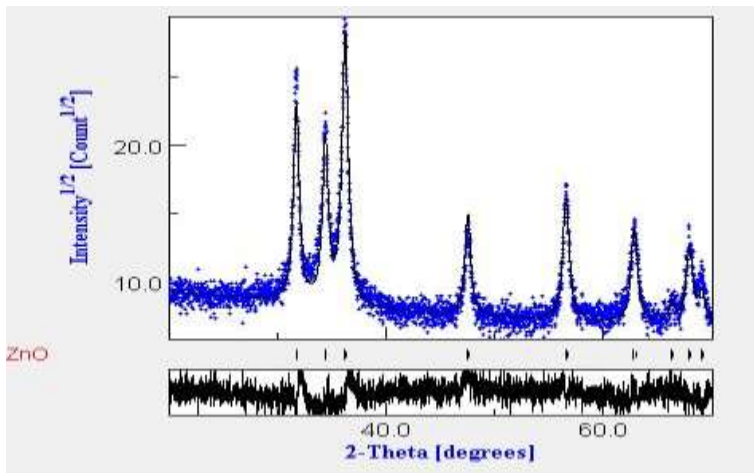
Gambar 1 Grafik pencocokan dengan software MAUD untuk  $x=0,00$



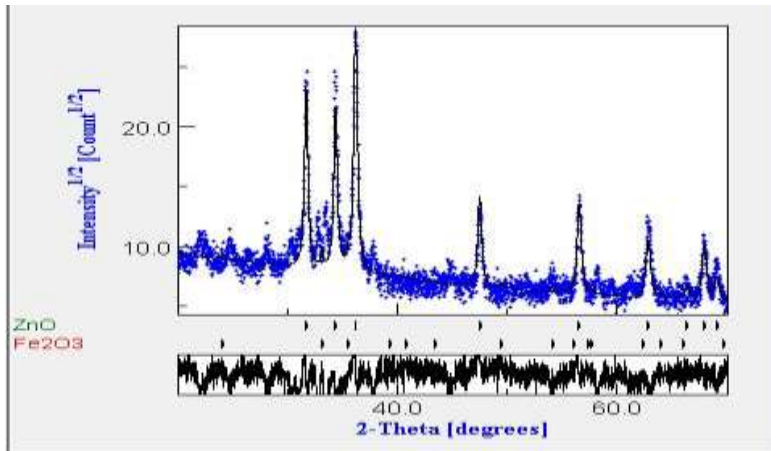
Gambar 2 Grafik pencocokan dengan software MAUD untuk  $x=0,005$



Gambar 3 Grafik pencocokan dengan software MAUD untuk  $x=0,01$



Gambar 4 Grafik pencocokan dengan software MAUD untuk  $x=0,02$



Gambar 5 Grafik pencocokan dengan software MAUD untuk  $x=0,03$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN D

### DATA COD (*CRYSTALLOGRAPHY OPEN DATABASE*) SAMPLER ZnO

General	
Origin	COD-1011259
Name	Zinc oxide
Formula	Zn O
Bibliographic data	
Author(s)	Weber, L
Publication title	Die Struktur von Zn O.
Citation	ZEKGAX,58,398-403 (1923)
Phase data	
Space-group	P 63 m c (186) - hexagonal
Cell	a=3.3510 Å c=5.2260 Å
	c/a=1.5595
	V=50.82 Å <sup>3</sup> Z=2



Atomic Parameter							
Atom	Ox.	Wyck.	Site	S.O.F.	x/a	y/b	z/c
Zn1	2	2b	3m.		0.33	0.67	0
O1	-2	2b	3m.		0.33	0.67	0.375

## LAMPIRAN E

### TAMBAHAN

1. Sifat magnetik yang terbentuk sangat sensitif terhadap metode pembuatan dan juga pada proses atau kondisi pembuatan. Selain itu sifat magnetik yang terbentuk juga dipengaruhi oleh konsentrasi ion logam transisi yang ditambahkan pada ZnO. Ketidakstabilan hasil ini mungkin berkaitan dengan tersubstitusinya ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan ion  $\text{Fe}^{3+}$  pada ZnO, karena kedua ion Fe tersebut memiliki momen magnetic yang berbeda. Faktor kedua adalah terbentuknya fase lain akibat dekomposisi ion Fe seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Faktor ketiga adanya cacat intrinsik seperti cacat kekosongan oksigen yang mampu meningkatkan nilai magnetisasi dan BMP (*Bond Magnetic Polaron*) yang mampu mengurangi nilai magnetisasi.
2. Tujuan utama dopan Fe adalah untuk meningkatkan magnetisasi ZnO dalam skala DMS (*Diluted Magnetic Semiconductor*). Karena kedepannya DMS akan diaplikasikan pada perangkat spintronik, maka dibutuhkan mobilitas spin yang tinggi, salah satunya dengan meningkatkan nilai magnetisasi

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Penulis “Putra Dewangga Candra Seta” merupakan anak ke 2 dari 2 bersaudara yang lahir di Kota Nganjuk pada 17 Juni 1993. Semasa kecil penulis menempuh pendidikan formal antara lain di TK Dharma Wanita, SDN Jekek III, SMP Negeri 1 Kertosono, dan SMA Negeri 1 Kertosono.

Sejak kecil penulis diberi anugerah kelebihan di bidang IT, sehingga bisa cepat menyerap ilmu di bidang tersebut. Selain itu sejak menjadi mahasiswa mulai terjun di bidang kepenulisan dan jurnalistik

Semasa kuliah penulis aktif di dunia kepenulisan dan jurnalis dan menjuarai berbagai kompetisi menulis fiksi serta beberapa kali karyanya diterbitkan oleh media cetak dan online. Selain itu penulis juga aktif di kegiatan organisasi HIMASIKA dan pernah menjabat sebagai kepala departemen Komunikasi dan Informasi.

Harapan besar penulis adalah bisa memanfaatkan usia yang masih muda ini untuk terus belajar dan berkarya di bidang kepenulisan. Belajar sampai akhir menutup mata, berkarya hingga dikenang sepanjang masa, dan beribadah hingga nyawa tidak lagi ada. Tak ada manusia yang hidup abadi, maka harapan terbesar dalam hidup penulis adalah menjadi abadi lewat tulisan-tulisannya. (putradewangga99@gmail.com)